

LAPORAN KERJA PRAKTIK
PABRIK GULA KEBONAGUNG MALANG
JAWA TIMUR



Disusun Oleh :

Ibrahim Nata Imani 2031810018

Ilmi Firdaus Shofiyah 2031810019

DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA
UNIVERSITAS INTERNASIONAL SEMEN INDONESIA
GRESIK
2021

LAPORAN KERJA PRAKTEK
PABRIK GULA KEBONAGUNG MALANG
JAWA TIMUR



Disusun Oleh :

Ibrahim Nata Imani 2031810018

Ilmi Firdaus Shofiyah 2031810019

DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA
UNIVERSITAS INTERNASIONAL SEMEN INDONESIA
GRESIK
2021

LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN KERJA PRAKTEK
PABRIK GULA KEBONAGUNG MALANG
KABUPATEN MALANG, JAWA TIMUR

Periode : 23 Agustus – 24 September 2021

Disusun Oleh :

Ibrahim Nata Imani 2031810018

Ilmi Firdaus Shofiyah 2031810019

Mengetahui,

Kepala Departemen Teknik Kimia UISI



Abdul Halim, ST, MT, PhD

NIP. 2020026

Dosen Pembimbing Kerja Praktek



Okky Putri Prastuti, S.T., M.T.

NIP. 9116199

Malang, 17 Desember 2021

PABRIK GULA KEBONAGUNG MALANG
KABUPATEN MALANG, JAWA TIMUR

Mengetahui,

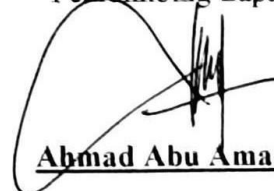
Pimpinan



PT KEBON AGUNG
PG KEBON AGUNG

Heru Cahyono

Pembimbing Lapangan



Ahmad Abu Amar, S.T.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah swt yang telah memberikan rahmat, hidayah serta karunia-Nya, sehingga penulis dapat melaksanakan Kerja Praktik di PG Kebonagung Malang dan dapat menyusun Laporan Kerja Praktik ini tepat pada waktunya. Adapun kegiatan kerja praktik ini merupakan salah satu syarat yang harus dilaksanakan untuk menyelesaikan program studi Sarjana Jurusan Teknik Kimia Universitas Internasional Semen Indonesia.

Dalam penyusunan Laporan Kerja Praktik ini tidak lepas dari bimbingan, dukungan, dan bantuan dari banyak pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada pihak yang ikut berpartisipasi diantaranya :

1. Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya penulis masih diberikan kesehatan serta kemampuan dalam melaksanakan Kerja Praktik dan dapat menyelesaikan Laporan Kerja Praktik ini.
2. Bapak Abdul Halim, ST, MT, PhD. Selaku Kepala Departemen Jurusan Teknik Kimia, Universitas Internasional Semen Indonesia.
3. Ibu Okky Putri Prastuti, S.T., M.T. Selaku Dosen Pembimbing Kerja Praktik Departemen Teknik Kimia, Universitas Internasional Semen Indonesia.
4. Ibu Yuni Kurniati, S.T., M.T. Selaku Koordinator Kerja Praktik Departemen Teknik Kimia, Universitas Internasional Semen Indonesia.
5. Bapak Ahmad Abu Amar, S.T. selaku Pembimbing Lapangan Kerja Praktik atas bimbingan dan arahan dalam penyusunan Laporan ini.
6. Bapak Zainal yang telah membantu dalam proses administrasi sebagai peserta Kerja Praktik
7. Orang tua dan keluarga kami atas dukungan dan doanya sehingga kami tetap dapat melaksanakan Kerja Praktik dengan baik.
8. Seluruh pihak lainnya yang telah membantu selama pelaksanaan Kerja Praktik di PG Kebonagung Malang.



Penulis menyadari bahwa penyusunan Laporan Kerja Praktik ini masih terdapat kekurangan baik dari segi susunan kalimat maupun dalam pembahasannya. Oleh karena itu, penulis menerima segala saran dan kritik dari pembaca agar dapat memperbaiki laporan ini. Semoga Laporan Kerja Praktik ini dapat memberikan manfaat kepada pembaca.

Wassalamu 'alaikum Wr. Wb.

Gresik, 22 September 2021

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL	vii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan dan Manfaat	2
1.3 Metodologi Pengumpulan Data	3
1.4 Waktu dan Tempat Pelaksanaan Kerja Praktik.....	3
1.5 Nama Unit Kerja Tempat Pelaksanaan Kerja Praktik.....	3
BAB II PROFIL PG KEBONAGUNG	4
2.1 Sejarah dan Perkembangan PG Kebon Agung	4
2.2 Visi dan Misi PG Kebon Agung	8
2.3 Lokasi dan Tata Letak PG Kebon Agung.....	9
2.4 Struktur Organisasi PG Kebon Agung.....	11
2.5 Produk	12
BAB III TINJAUAN PUSTAKA	14
3.1 Pengertian Gula.....	14
3.2 Bahan Baku	16
3.3 Kualitas Gula.....	19
3.4 Bahan Baku Pembuatan Gula	20
3.5 Uraian Proses Produksi Gula	24
3.6 Proses Pembuatan Gula Tiap Stasiun.....	32
3.7 Pengolahan Limbah.....	49
3.8 Utilitas.....	55
BAB IV PEMBAHASAN	61
4.1 Struktur Organisasi Unit Kerja Pabrikasi.....	61
4.2 Tugas Unit Kerja.....	61
4.3 Tugas Khusus	65



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	82
5.1 Kesimpulan	82
5.2 Saran.....	82
DAFTAR PUSTAKA.....	83
LAMPIRAN.....	viii

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Denah Lokasi PG Kebon Agung.....	10
Gambar 2.2 Struktur Organisasi PG Kebonagung.....	12
Gambar 3.1 Struktur Kimia Sukrosa.....	15
Gambar 3.2 Antrian Truk Pengangkut Tebu di Stasiun Penerimaan.....	34
Gambar 3.3 Stasiun Penimbangan.....	35
Gambar 3.4 Stasiun Gilingan.....	38
Gambar 3.5 Stasiun Pemurnian.....	41
Gambar 3.6 Inlet Unit Pengolahan Limbah Cair.....	49
Gambar 3.7 Kolam Aerasi 1.....	50
Gambar 3.8 Kolam Aerasi 2, 3, 4.....	50
Gambar 3.9 Kolam Stabilisasi.....	51
Gambar 3.10 Bak Sedimentasi.....	52
Gambar 3.11 Kolam Outlate.....	52
Gambar 4.1 Struktur Organisasi Unit Kerja Pabrikasi PG Kebon Agung ...	61

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kepemilikan PG Kebon Agung.....	6
Tabel 3.1 Komposisi Kimia Gula.....	14
Tabel 3.2 Standar Nasional Gula.....	16
Tabel 3.3 Komposisi Tanaman Tebu.....	17
Tabel 3.4 Komposisi Tebu.....	21
Tabel 3.5 Komposisi Nira Tebu Hasil Pemerahan.....	24

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perguruan tinggi melaksanakan kegiatan belajar mengajar, penelitian hingga aplikasi dalam kehidupan masyarakat yang dimaksudkan untuk membangun sumber daya manusia. Dalam upaya membangun sumber daya manusia, untuk hasil yang optimal dapat diperoleh melalui penerapan atau pengaplikasian teori akademis di lapangan. Pengaplikasian ini membutuhkan kerjasama dan jalur komunikasi yang baik antara perguruan tinggi, industri, dan instansi pemerintah maupun swasta.

Universitas Internasional Semen Indonesia, sebagai lembaga akademis yang berorientasi pada ilmu pengetahuan dan teknologi, menetapkan kurikulum berbasis SCL (*Student Centered Learning*) dan LCL (*Laboratory Centered Learning*) yang dinamis dengan mengakomodasi perkembangan yang ada, dengan memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk melakukan kegiatan yang memungkinkan mahasiswa untuk melihat langsung bidang kerja yang ada. Penerapan kurikulum pembelajaran SCL (*Student Centered Learning*) dan LCL (*Laboratory Centered Learning*) salah satunya diupayakan melalui pelaksanaan kerja praktik. Pelaksanaan kerja praktik ini dapat dilakukan dalam suatu perusahaan atau dalam proyek dan merupakan salah satu media untuk mengetahui pengaplikasian teori pembelajaran saat perkuliahan. Selain itu, kegiatan kerja praktik diharapkan dapat menjadi sarana latihan dalam pengembangan ilmu pengetahuan.

Departemen Teknik Kimia UISI mempelajari pemrosesan bahan baku untuk menjadi produk bernilai dengan memperhatikan beberapa aspek. Salah satu industri berbasis kimia yang dipelajari di Teknik Kimia UISI adalah industri pengolahan bahan kimia. Terutama industri bahan kimia yang kini menjadi bahan dasar (*raw material*) untuk industri-industri lainnya serta peningkatan mutu pertanian yang menjadi kekuatan utama Indonesia.

PG Kebon Agung Malang mewakili sejarah panjang industri gula tebu di Jawa. Pengalaman panjang melewati berbagai rintangan dan persoalan ini menjadi modal ke depan bagi perusahaan untuk tetap berdiri dan beroperasi. Perusahaan bertekad sekuat tenaga agar PG akan terus menjadi bagian dari industri gula Indonesia, yang berkontribusi kepada suplai gula nasional dan perekonomian wilayah. Perusahaan ini terletak di Jalan Pakisaji, Kebonagung, Pakisaji, Malang, Jawa Timur. PG Kebon Agung Malang yang memiliki visi “Menjadi perusahaan yang berdaya saing tinggi di tingkat regional”. Perusahaan ini akan terus berkomitmen untuk meningkatkan nilai perusahaan sesuai keinginan konsumen serta memproduksi gula untuk memenuhi kebutuhan konsumen dengan kualitas dan harga yang bersaing. Dengan melaksanakan kerja praktik di PG Kebon Agung Malang penyusun berharap sebagai bekal nantinya kemasayarakat maupun dalam industri dan sebagai pedoman dalam menerapkan dan mengaplikasikan ilmu yang diperoleh.

1.2 Tujuan dan Manfaat

1.2.1 Tujuan Umum

1. Mempelajari proses pembuatan gula di PG Kebon Agung.
2. Melaksanakan studi perbandingan antara teori yang diperoleh di kuliah dengan penerapannya di pabrik gula Kebon Agung.
3. Mengetahui perkembangan teknologi yang diaplikasikan dalam kehidupan.

Khusus

1. Untuk memenuhi beban satuan kredit semester (SKS) mata kuliah Kerja Praktik yang harus ditempuh sebagai persyaratan akademis di Jurusan Teknik Kimia UISI.
2. Mengetahui proses Pabrikasi di PG Kebon Agung.

1.2.2 Manfaat

Manfaat dari pelaksanaan kerja praktik di PG Kebon Agung adalah sebagai berikut :

1. Bagi Perguruan Tinggi

Dapat membangun kerjasama antara perguruan tinggi dengan PG Kebon Agung dalam memberi informasi mengenai perkembangan industri gula di Indonesia.

2. Bagi Perusahaan

Terbentuknya jaringan hubungan antara perguruan tinggi dan perusahaan untuk masa yang akan datang, guna meningkatkan kualitas kerja pada PG Kebon Agung.

3. Bagi Mahasiswa

Mahasiswa dapat mengetahui secara lebih mendalam tentang aplikasi ilmu yang ada dalam dunia industri sehingga nantinya diharapkan mampu menerapkan ilmu yang telah didapat dalam bidang industri.

1.3 Metodologi Pengumpulan Data Metode Orientasi (Pengenalan)

Metode Interview

Metode yang dilakukan dengan cara pengumpulan data dan dalam penyusunannya dilakukan dengan cara bertanya dan mengadakan diskusi kepada beberapa narasumber yang berada pada setiap stasiun proses pembuatan gula, selain itu penulis juga bertanya langsung dengan pembimbing kerja praktik di lapangan yang berlangsung secara online.

1.4 Waktu dan Tempat Pelaksanaan Kerjapraktik

Lokasi : PG Kebon Agung
Jalan Pakisaji, Sonosari, Kebonagung, Pakisaji, Malang

Waktu : 23 Agustus – 24 September 2021

1.5 Nama Unit Kerja Tempat Pelaksanaan Kerja praktik

Unit Kerja : Bagian Pabrikasi (Proses Pengolahan Gula)

BAB II

PROFIL PG KEBON AGUNG

2.1 Sejarah dan Perkembangan PG Kebon Agung

Pabrik Gula Kebon Agung berdiri pada tahun 1905 di Malang oleh seorang pengusaha bernama Tan Tjwan Bie. Kapasitas giling pada saat itu 500 tth. Pada tahun 1917 pengelolaan PG Kebon Agung diserahkan kepada NV. Handle & Landbouws Maatschapij Tideman van Kerchem sebagai direksinya kemudian dibentuk perusahaan dengan nama NV. Suiker Fabriek Kebon Agung yang disebut PG Kebon Agung dan disahkan dengan akte notaris Handrik Willam Hazemberd pada tanggal 20 Maret 1918 dengan No. 155, dan disahkan dengan surat keputusan sekertaris gubernur Hindia Belanda tanggal 30 Mei 1918 No. 42, didaftar dalam register kantor pengadilan negeri, Surabaya dengan No. 143. Pada tahun 1932 seluruh saham PG Kebon Agung tergadaikan kepada De Javasche Bank Malang dan pada tahun 1936 PG Kebon Agung dimiliki oleh De Javasche. Dalam ROPS perseroan 1954 ditetapkan bahwa pemegang saham PG Kebon Agung adalah Spaarfonds Foer Beamten van de Bank Indonesia (yang kemudian bernama Yayasan Dana Tabungan Pegawai Bank Indonesia) dan Bank Indonesia (atas nama Yayasan Dana Pensiun dan Tunjang Hari Tua Bank Indonesia).

Pada tahun 1957 PG Kebon Agung dikelola oleh Badan Pimpinan Umum Perusahaan Perkebunan Gula atau BPU-PPN Gula dan tahun 1962 perseroan ini membeli seluruh saham NV. Cultuur Matschapij Trangkil di Pati yang didirikan pada tahun 1835 (semula dimiliki oleh Ny. A de donariere EMSDA Janiers van Hamrut) dengan kapasitas giling 300 tth. Pada saat itu pula Pemegang Saham bergabung menjadi satu badan hukum sendiri bernama Yayasan Dana Pensiun dan Tunjangan Hari Tua Bank Indonesia (YDP THT BI) sebagai Pemegang Saham tunggal. Setelah BPU-PPN Gula dilikuidasi pada tahun 1967, PG Kebon Agung dikembalikan kepada YDP THT BI, dan pada tanggal 17 Juli 1968 Direksi Bank Indonesia Unit I (sekarang bernama Bank Indonesia) yang merupakan Pemegang

Saham tunggal PG Kebon Agung menunjuk Biro Usaha Manajemen TriGunabina atau Tri Gunabina sebagai pengelola PG Kebon Agung di Malang dan PG Trangkil di Pati.

Masa pengeporasian PG Kebon Agung yang berakhir pada tanggal 20 Maret 1993, diperpanjang hingga 75 tahun mendatang dengan Akte Notaris Achmad Bajumi, S.H. dengan No. 120 tanggal 27 Februari 1993 di sahkan dengan Keputusan Menteri Kehakiman RI tanggal 18 Maret 1993 No. C2-1717 HT.01.04.Th.93, didaftar dalam register Kantor Pengadilan Negeri Jakarta Pusat No. 1099/1993 dan telah diumumkan dalam Berita Negara RI No. 2607 tanggal 8 Juni 1993, Tambahan Berita Negara RI No. 46 tanggal 8 Juni 1993.

Dengan didirikannya Yayasan Kesejahteraan Bank Indonesia (YKK-BI) oleh Direksi Bank Indonesia pada tanggal 25 Februari 1992 yang diresmikan dengan akte Notaris Abdul Latif dengan No. 29 tanggal 23 Februari 1992 dan adanya kebijakan dari Departemen Kehakiman yang mengatur bahwa Direksi suatu Perseroan tidak boleh berupa badan hukum tetapi harus perseorangan, maka dalam RUPS-LB tanggal 22 Maret 1993 diputuskan bahwa YKK-BI menjadi Pemegang Saham tunggal PG Kebon Agung. Dan pada tanggal 1 April 1993 bertempat di Kantor Bank Indonesia Cabang Surabaya dilakukan serah terima pengurusan dan pengelolaan PG kebon Agung dari Direksi Tri Gunabina dari Saudara Sukanto (alm.) selaku Direktur PG Kebon Agung.

Perubahan Anggaran Dasar terakhir dibuat berdasarkan akte Notaris Hartati, Marsono, S.H. No. 58 tanggal 22 Juli 1996 Jo akte No. 32 tanggal 31 Januari 1997 dan akte No. 8 tanggal 5 Juli 1997, yang telah disetujui oleh Mentri Kehakiman RI dengan Surat Keputusan No. C2. 11161 MT 01.04.Th.97 tanggal 28 Oktober 1997 dan telah diumumkan dalam Berita Negara RI No. 743/1998 tanggal 3 Februari 1998 Tambahan Berita Negara RI No. 10 tanggal 3 Februari 1998. Berdasarkan undang undang No.1 tahun 1995 tentang Perseroan Terbatas, maka dalam RUPS-LB tanggal 26 Juli 1996 diputuskan bahwa Pemegang Saham PG Kebon Agung terdiri dari YKK-BI dengan kepemilikan saham sebanyak 2.490 lembar atau sebesar 99,6% dan Koperasi Karyawan PG Kebon Agung "Rosan Agung" dengan pemilikan saham sebanyak 10 lembar atau 0,4%. Dengan adanya modal yang cukup

dan keinginan untuk meningkatkan produksi, maka diadakan perbaikan-perbaikan antara lain :

Tabel 2.1 Kepemilikan PG Kebon Agung

Periode	Pemilik	Badan Hukum
1905-1918	Tan Tjwan Bie	Tan Tjwan Bie
1918-1940	Bank Indonesia	PG Kebon Agung
1940-1945	Bank Indonesia	Pemerintah Jepang
1956-1949	Bank Indonesia	Pemerintah RI
1949-1957	Bank Indonesia	Firma TVK
1957-1968	Bank Indonesia	BPU PPN Gula
1968-1993	Bank Indonesia	Triguna Bima
1993-Sekarang	Bank Indonesia	PG Kebon Agung

(PG Kebon Agung 2019)

Perkembangan PG Kebon Agung sendiri, dengan adanya modal yang cukup dan untuk meningkatkan produksi maka diadakan perbaikan antara lain :

1. Tahun 1937 dilakukan pembaharuan dan perbaikan mesin giling di stasiungilingan.
2. Tahun 1954 dilakukan pembaharuan pembangunan.
3. Tahun 1964 dilakukan penambahan ketel Borsig di stasiun ketel.
4. Tahun 1970 dilakukan perubahan pada stasiun puteran dari manual menjadi semi otomatis.
5. Tahun 1975 dilakukan pembaharuan mesin gilingan di stasiun gilingan dan perluasan area penanaman tebu.
6. Tahun 1982 dilakukan penambahan alat puteran otomatis di stasiun puteran.
7. Tahun 1989 dilakukan penambahan alat talofiltrat pada stasiun pemurniandan pembangunan fasilitas pengolahan limbah cair.
8. Tahun 1990 dilakukan penambahan alat talodura pada stasiun pemurnian.
9. Tahun 1992 dilakukan penambahan crane atau katrol tebu padaemplacement.
10. Tahun 1993 dilakukan penambahan Dust Collector pada stasiun ketel.

-
11. Tahun 1993 dilakukan indikator pada evaporator.
 12. Tahun 1997 dilakukan penambahan alat Uningator pada stasiun gilingan.
 13. Tahun 1997 dilakukan penambahan alat puteran Low Grade dan High Grade pada stasiun puteran.
 14. Tahun 1999 dilakukan penambahan Water Tube Boiler, Flash Tank, dan Air Reservoir.
 15. Tahun 2000 dilakukan penambahan Pre Evaporator pada stasiun penguapan.
 16. Tahun 2004 dilakukan penambahan alat putar Discontinuous Sentrifugal pada stasiun puteran.
 17. Tahun 2005 dilakukan penambahan ketel Yoshimine kapasitas 120 T/V.
 18. Tahun 2006 dilakukan penambahan alat Single Clarifier.
 19. Tahun 2007 dilakukan pergantian alat *Rotary Drum Vacuum Filter* sejumlah 2 buah pada stasiun pemurnian dan pemasangan SO₂ tower.
 20. Tahun 2008 dilakukan pergantian gilingan no. 1 diameter lama 39" dan diameter baru 45" x 90" dan puteran Brod Beent.
 21. Tahun 2008 alat talodura clarifier di stasiun pemurnian tidak digunakan.
 22. Tahun 2009 dilakukan pergantian gilingan no.5 diameter lama 39" dan diameter baru 45" x 90" dan puteran Brood Bent dan masakan no. 11.
 23. Tahun 2010 dilakukan pergantian gilingan no 2,3,4 diameter 45"x 90" dan penambahan masakan no. 12 dan cooling tower 4 buah.
 24. Tahun 2011 dilakukan pergantian alat defekator dengan static mixer untuk proses calcium sakarat pada stasiun pemurnian.
 25. Tahun 2012 dilakukan penambahan alat clarifier sebagai pengganti alat yang lama pada stasium pemurnian.
 26. Tahun 2012 dilakukan pembaharuan alat puteran sebagai pengganti alat yang lama pada stasiun puteran.
 27. Tahun 2012 dilakukan penambahan alat HDHS sebagai pengganti alat yang lama pada stasiun gilingan.
 28. Pada tahun 2013 dilakukan pengadaan alat baru, *rotary vacuum filter* (RVF)
-

untuk proses pada stasiun pemurnian, *broad bent* puteran diskonti (puteran satu siklus), *broad bent* puteran konti (puteran terus menerus), dan penambahan Preevaporator dengan kapasitas LR 4000m² di tambah *vacuum crystallizer*.

29. Tahun 2014 dilakukan pengadaan alat baru *broad bent* puteran diskonti (puteran satu siklus), *broad bent* puteran konti (puteran terus menerus), *vacuum pan* dengan kapasitas 500 HL, *rotary juice seen*, *vacuum crystallizer*, pemindahan alat RVF dan perubahan letak *vacuum pan* serta pembangunag stasiun DRK (Defikasi, Rafinasi dan Karbonasi) dan phosphatasi tahap 1.
30. Tahun 2015 pembangunan stasiun DRK dan phosphatasi tahap 2
31. Tahun 2016 evaporator LP 4500m² 2 unit , pemindahan lokasi ke lantai 5 *continous vacum pan* dan penambahan 1 unit *continous vacum pan* dilantai 5 serta pemindahan vacum pan *bacth low grade* kelantai 4
32. Tahun 2017 penambahan *individual drive* pada gilingan 1 dan *disconti TSK* 2 unit dari jepang
33. Tahun 2018 pembuatan DCH untuk PP 2 (Pemanasan Pendahuluan 2), 2 unit dan *Rotary screen* Nira Jernih untuk penggantian DSM
34. Tahun 2019 penambahan 1 unit *rotary nira* jernih, penambahan 1 unit DCH PP1 dan 2 unit ESP pada boiler
35. Tahun 2020 penambahan 2 unit pompa injeksi kap 2000 m³/jam dan 2 unit *cooling tower*
36. Tahun 2021 penggantian *belt bucket elevator* menjadi *chain bucket* dan *individual drive* di gilingan 2

2.2 Visi dan Misi PG Kebon Agung

2.2.1 Visi

Menjadi perusahaan yang berdaya saing tinggi di tingkat regional.

2.2.2 Misi

1. Memberikan nilai tambah optimal bagi pemegang saham.

-
2. Membangun kemitraan dengan pemangku kepentingan berdasarkan asas saling menguntungkan.
 3. Mengembangkan usaha agribisnis berbasis tebu dan turunannya secara berkesinambungan.
 4. Memberikan nilai tambah kepada konsumen dengan menghasilkan produk berkualitas.
 5. Mewujudkan bisnis berwawasan lingkungan.

2.3 Lokasi dan Tata Letak PG Kebon Agung

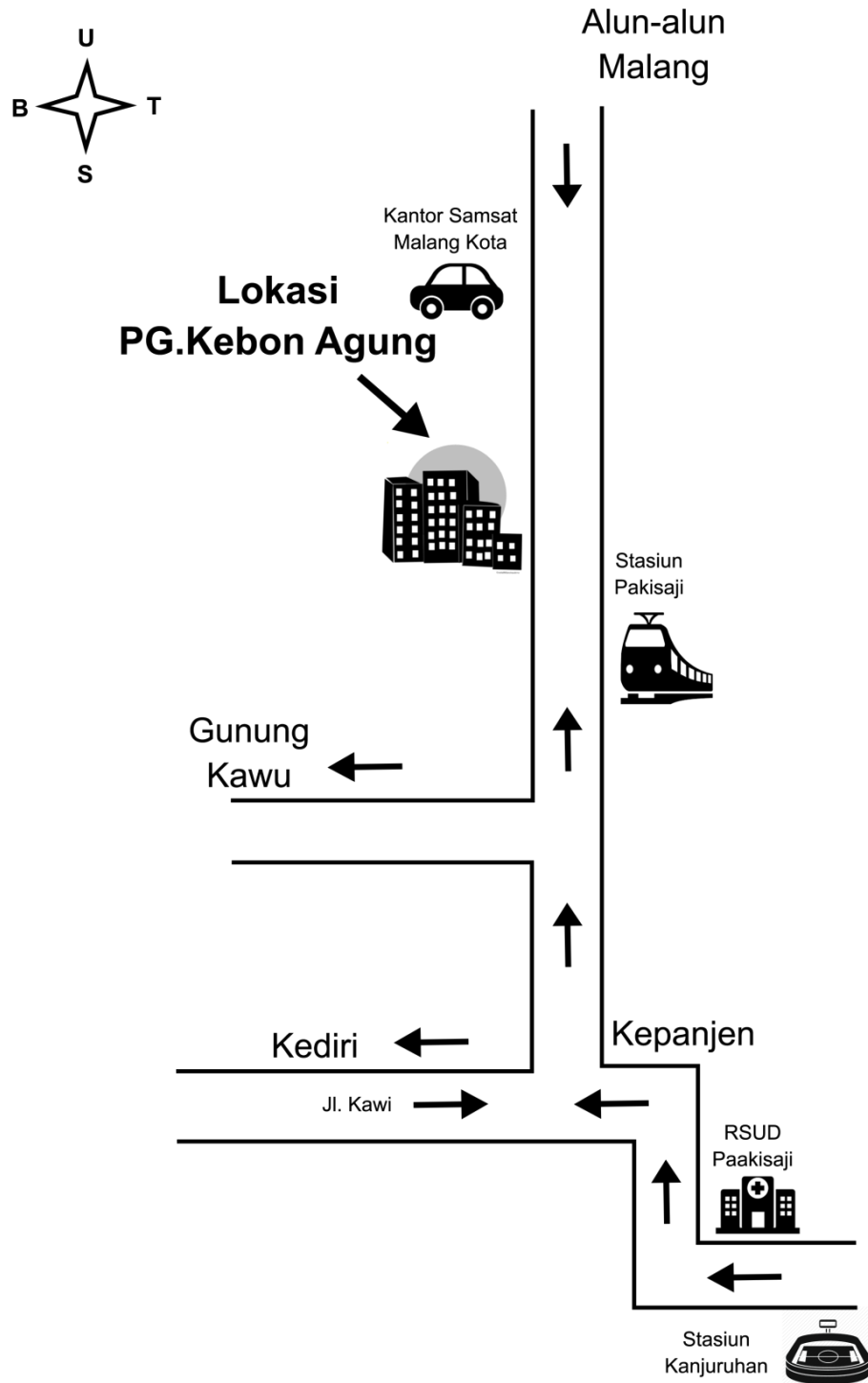
2.3.1 Lokasi PG Kebon Agung Malang terletak di :

Pabrik gula Kebon Agung terletak di daerah Malang \pm 5 km sebelah selatan Kota Malang, tepatnya di desa Kebonagung Kecamatan Pakisaji Kabupaten Malang pada ketinggian \pm 440 m dpl. Wilayah kerja meliputi 18 kecamatan di Kabupaten dan 1 kecamatan di Kota Malang, serta 1 kecamatan di Kabupaten Blitar, dengan radius + 4 – 60 km.

Desa : Kebon Agung
Kecamatan : Pakisaji
Kabupaten : Malang
Provinsi : Jawa Timur
Kode Pos : 65162
Terletak : \pm 5 km dari kota Malang

PG Kebon Agung berbatasan dengan :

1. Sebelah Utara : Kel. Kebon Sari, Kec. Sukun
2. Sebelah Timur : Kel. Lowokdoro, Kec. Kedung Kandang
3. Sebelah Selatan : Desa Genengan, Kec. Pakisaji
4. Sebelah Barat : Desa Sitirejo, Kec. Wagir



Gambar 2.1 Denah Lokasi PG Kebon Agung

2.3.2 Tata Letak PG Kebon Agung

Penyusunan *layout* yang tepat dapat memperlancar proses produksi sehinggadapat diperoleh dengan seefektif mungkin. Area tanah yang digunakan PG Kebon Agung seluas $\pm 70.450 \text{ m}^2$, terbagi menjadi :

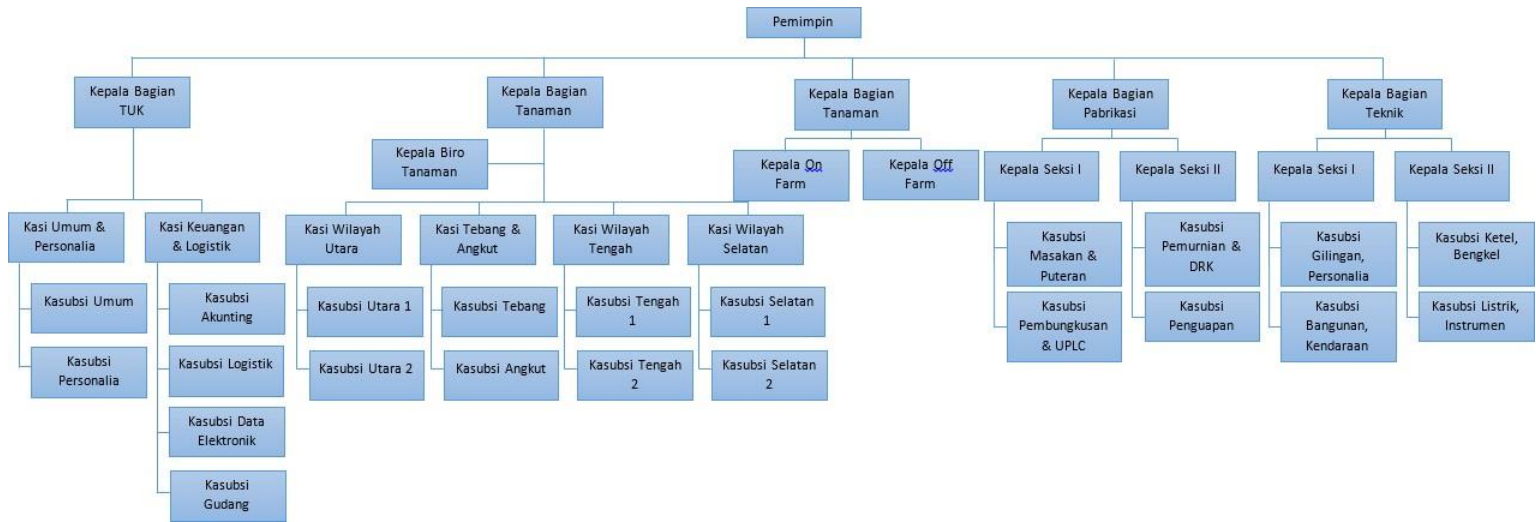
Bangunan utama	: 17.472 m ²
Perumahan	: 4.250 m ²
Bengkel	: 800 m ²
Gudang	: 900 m ²
Jalan	: 11.850 m ²
Tempat parkir	: 9.000 m ²
Saluran pembuangan	: 437 m ²
Taman	: 3.170 m ²
Pengelolaan limbah cair	: 6.000 m ²
Lain-lain	: 16.000 m ²

Tata letak PG Kebon Agung Malang disusun berdasarkan kondisi lingkungan sekitar. Halaman depan pabrik digunakan sebagai tempat parkir truk tebu. Bagian depan pabrik terdiri dari 2 lantai. Pada lantai bawah terdapat laboratorium dan ruang untuk pertemuan, sedangkan lantai atas terdapat kantor. Pada lantai bawah dan atas terdapat sebuah pintu yang menghubungkan dengan ruang produksi. Ruang produksi meliputi 6 stasiun (Stasiun Gilingan, Stasiun Pemurnian, Stasiun Penguapan, Stasiun Pemasakan, Stasiun Puteran, dan Stasiun Penyelesaian) berada ditengah-tengah pabrik. Stasiun ketel berada di bagian paling belakang pabrik. Bagian belakang pabrik digunakan sebagai tempat pengolahan limbah.

2.4 Struktur Organisasi PG Kebon Agung

Stuktur organisasi merupakan bagian yang penting dalam suatu perusahaan atau instansi, karena untuk melakukan kegiatan perusahaan harus diatur sedemikian rupa dan dapat menghasilkan kerja sama yang baik. Dengan tujuan apa yang direncanakan oleh perusahaan dapat berjalan dengan semestinya tanpa adanya

penyimpangan berarti.



Gambar 2.2 Struktur Organisasi PG Kebonagung

2.5 Produk

Produk yang dihasilkan oleh PG Kebon Agung ada 2 jenis yaitu produk utama dan produk samping.

2.5.1 Produk Utama

Produk utama yang dihasilkan oleh PG Kebon Agung adalah gula kristal putih (*Super High Sugar*). Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) gula kristal diklasifikasikan menjadi 2 kelas mutu Gula Kristal Putih (GKP 1) dan Gula Kristal Putih 2. Gula Kristal Putih yang dihasilkan oleh PG Kebon Agung termasuk dalam mutu Gula Kristal Putih 1.

1. Gula A

Gula kristal putih (GKP) merupakan gula yang terbuat dari kristalisasi yang dapat langsung digunakan untuk konsumsi rumah tangga. Dalam dunia industri, gula ini dikenal dengan Gula A.

2. Gula B

Gula Kristal Rafinasi (GKR) merupakan gula yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan industri makanan, minuman dan farmasi.

2.5.2 Produk Samping

Ada 3 macam produk samping yang dihasilkan PG Kebon Agung yaitu :

1. Tetes Tebu

Tetes tebu yang dihasilkan biasanya dijual kembali ke industri-industri yang digunakan sebagai campuran makanan ternak atau sebagai bahan baku produk MSG, alkohol, dan lain-lain.

2. Blotong

Blotong yang dihasilkan biasanya digunakan sebagai pupuk setelah dikomposkan ataupun dapat juga digunakan sebagai bahan bakar setelah dikeringkan terlebih dahulu.

3. Ampas Tebu

Ampas tebu yang dihasilkan biasanya digunakan kembali sebagai bahan bakar pada stasiun ketel di PG Kebon Agung. Apabila ampas yang dihasilkan terlalu banyak maka ampas tersebut dijual ke industri kertas yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan kertas.

BAB III TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Pengertian Gula

Gula adalah bentuk dari karbohidrat, jenis gula yang paling sering digunakan adalah kristal sukrosa padat. Gula digunakan untuk merubah rasa dan keadaan makanan atau minuman. Gula sederhana seperti glukosa (yang diproduksi dari sukrosa dengan enzim atau hidrolisis asam) menyimpan energi yang akan digunakan oleh sel (Imam, 2009).

Gula merupakan sukrosa yaitu disakarida yang terbentuk dari ikatan antara glukosa dan fruktosa. Rumus kimia sukrosa adalah $C_{12}H_{22}O_{11}$. Sukrosa memiliki sifat-sifat antara lain :

- Sifat fisik : Tak berwarna, larut dalam air, tidak larut dalam eter dan kloroform, titik lebur $180^{\circ}C$, bentuk kristal monoklin, bersifat optis aktif, densitas kristal 1588 kg/m^3 (pada $15^{\circ}C$).
- Sifat kimia : Dalam suasana asam dan suhu tinggi akan mengalami inverse menjadi glukosa dan fruktosa.

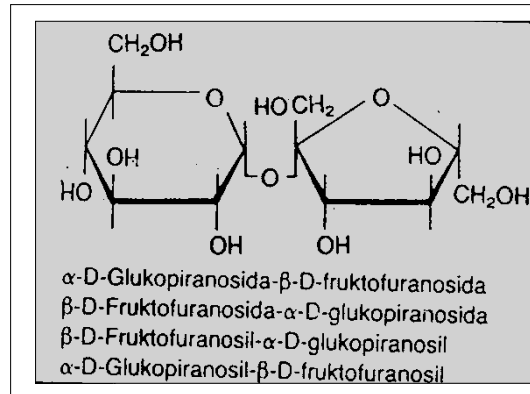
Tabel 3.1 Komposisi Kimia Gula

Komponen	Satuan	Komposisi / 100 gram
Kalori	Kal	364
Karbohidrat	G	94
Kalsium	Mg	5
Fosfor	Mg	1
Besi	Mg	0.1
Air	G	5.4

Sumber : Imam (2007)

Sukrosa adalah zat disakarida yang pada hidrolisa menghasilkan glukosa dan fruktosa. Rumus sukrosa tidak memperlihatkan gugus formil atau karbonil bebas.

Karena itu sukrosa tidak memperlihatkan sifat mereduksi (*Sudarmadji, dkk. 1997*).

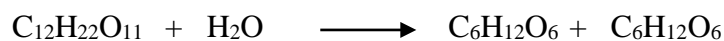


Gambar 3.1 Struktur Kimia Sukrosa

Sumber : Moerdokusumo, 1993

Sukrosa mempunyai rumus empiris $C_{12}H_{22}O_{11}$ dengan berat molekul 342,3. Kristal sukrosa mempunyai densitas 1,588 sedangkan dalam bentuk larutan 26 % (w/w) mempunyai densitas 1,108175 pada suhu 20 °C. Sukrosa mempunyai rotasi spesifik $[\alpha]^{20}_D + 66,53$ pada saat digunakan dalam berat normal (26 gr/100 ml). Titiklebur sukrosa pada suhu 188°C (370 °F) dan akan terdekomposisi pada saat melebur. Indeks refraksi sebesar 1,3740 untuk larutan 26% (w/w). Bentuk kristalnya adalah monoklin, yang merupakan kristal yang tidak berwarna dan bebas air. Viskositasnya naik apabila kadar gula naik dan sebaliknya (*Chen and Chou, 1993*).

Sukrosa pada temperatur tinggi akan mengalami inversi yaitu terurainya sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa yang disebut sebagai gula invert. Hal ini disebabkan oleh adanya mikroorganisme mengeluarkan enzim yang bekerja sebagai katalisator. Inversi sukrosa dapat pula terjadi pada suasana asam sehingga sukrosa tidak dapat membentuk kristal karena kelarutan glukosa dan fruktosa sangat besar (*Winarno, 1997*). Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Sukrosa

D-glukosa D-fruktosa

Standar kualitas gula pasir antara lain ditentukan oleh nilai polarisasi, kadar abu, kadar air dan kadar gula reduksi. Semakin tinggi polarisasinya, semakin

tinggi kadar sukrosanya dan semakin baik kualitas gula, sebab akan tahan dalam penyimpanan yang juga ditentukan oleh kadar airnya. Makin tinggi kadar abu, maka makin rendah kualitas gulanya, sebab kadar abu menunjukkan adanya bahan anorganik yang akan berpengaruh pada warna dan sifat higroskopis gula. Pada Tabel 1 dapat dilihat Standar Gula untuk konsumsi dalam Negeri berdasarkan Surat Keputusan Kepala BULOG 1982, No. Kep. 130/KA/05/1982.

Tabel 3.2 Standar Nasional Gula

Macam Gula	Warna Nilai Remisi direduksi	Kadar Air (%)	BJ Butir (g/cm ³)	Pol pada suhu 20° C (%)
SH II	No. 21 DC	0,15	0,8-1,1	99,2
SH I	No. 23 DC	0,15	0,8-1,1	99,2
SHS II	53,0-58,9	0,10	0,8-1,1	99,8
SHS I Standart	59,0-59,9	0,10	0,8-1,1	99,8
SHS I C	60,0-64,9	0,10	0,8-1,1	99,8
SHS I B	65,0-69,9	0,10	0,8-1,1	99,8
SHS I A	70	0,10	0,8-1,1	99,8

Sumber : Mubyarto (1991)

3.2 Bahan Baku

1. Tebu

Gula putih adalah salah satu hasil dari pengolahan batang tumbuhan tebu (*Saccharum officinarum L*). Tebu termasuk keluarga *Graminae* atau rumput-rumputan dan berkembang biak di daerah beriklim udara sedang sampai panas. Didalam klasifikasi tumbuh – tumbuhan, tanaman tebu termasuk dalam :

Divission : *Spermatophyta*

Klass : *Monocotyledone*

Ordo : *Glumocae*

Famili : *Graminia*

Group : *Andropogenceae*

Genus : *Saccharum*
Species : *Saccarum officinarum*

Tebu cocok pada daerah yang mempunyai ketinggian tanah sampai 1300 meter di atas permukaan laut. Tebu termasuk tumbuhan berbijih tunggal. Tinggi tanaman tebu berkisar 2-4 meter. Batang pohon tebu terdiri dari banyak ruas yang setiap ruasnya dibatasi oleh buku-buku sebagai tempat duduknya daun. Bentuk daun tebu berwujud belaian dengan pelepah. Panjang daun dapat mencapai panjang 1-2 meter dan lebar 4-8 centimeter dengan permukaan kasar dan berbulu. Bunga tebu berupa bunga majemuk yang berbentuk di puncak sebuah poros gelagah. Sedang akarnya berbentuk serabut (Maskur, 2007). Tebu yang sudah dipotong akan terdapat serat – serat dan cairan yang terasa manis. Perbandingan persentase dari sabut yang terdiri dari serat dan kulit tebu sekitar 12,5 % dari bobot tebu. Cairannya disebut nira dengan persentase sekitar 87,5%

(Maskur, 2007).

Pada nira terdapat kandungan *amylum* 0,5-1,5 %, *sakarosa* atau gula tebu 11,19 % dan *fruktosa* (gula invert) 0,5-1,5 %. *Sakarosa* mempunyai kandungan yang maksimal pada waktu tanam mengalami kemasakan optimal yaitu menjelang berbunga. Apabila ditambahkan air, *sakarosa* akan terurai menjadi *glukosa* dan *fruktosa*. Kandungan *glukosa* makin tinggi saat tanaman semakin tua (Sukardjo, 1994).

Tabel 3.3 Komposisi Tanaman Tebu

Komponen	Persentase (%)
▪ Sabut	12,5
▪ Nira	87,5
a. Air	65,6 – 70

b. Bahan kering :	17,5 – 21,8
- bahan terlarut	3,2 – 4,4
- bahan tidak terlarut	0,4 – 1,1

Sumber: *Sukardjo (1994)*

Kandungan sukrosa maksimal pada waktu tanaman mengalami kemasakan optimal yakni menjelang berbunga. Apabila ditambah air, sukrosa, akan terurai menjadi glukosa dan fruktosa. Kandungan glukosa makin tinggi saat tanaman semakintua (*Sukardjo, 1994*).

Komponen yang ada dalam tebu terdiri dari :

1. Air

Air merupakan komponen terbesar dalam tebu, sehingga untuk mendapatkan gula, maka air harus dihilangkan sebanyak-banyaknya dalam proses penguapan dan kristalisasi.

2. Senyawa anorganik

Zat-zat anorganik yang terkandung dalam tebu biasanya berbentuk oksida, antara lain : Oksida besi (Fe_2O_3), Kalsium oksida (CaO), Aluminium oksida (Al_2O_3), Magnesium oksida (MgO), Asam fosfat, K_2O , SO_2 , dan H_2SO_4 .

3. Senyawa organik

Asam oksalat, Asam suksinat, Asam laktat, dan Asam glukonat. Sebagian dari asam-asam tersebut terikat sebagai garam-garam dalam keadaan basa. Karena sebagian besar kandungan senyawa organik dalam nira berupa asam maka pH nira tebu 5,5 - 5,6.

4. Gula reduksi

Gula reduksi yaitu glukosa dan fruktosa dalam perbandingan yang berlebihan satusama lain. Makin masak tebu maka kandungan gula reduksinya makin kecil. Proses pemecahan dalam gula reduksi akan menimbulkan kerugian pada industri gula. Suhu tinggi dan pH tinggi akan mempercepat pemecahan gula reduksi, oleh karena itu harus dihindari.

5. Senyawa phosphate

Senyawa ini merupakan senyawa yang penting dalam proses pemurnian,

karena pada proses pengendapan dapat menarik kotoran, menurut reaksi sebagai berikut :

$$\begin{array}{c} \text{P}_2\text{O}_5 + 3 \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{2 \text{H}_3\text{PO}_4} \\ 2 \text{H}_3\text{PO}_4 + 3 \text{Ca}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\quad\quad\quad} \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 6 \text{H}_2\text{O} \end{array}$$

Dilihat dari reaksi diatas maka keperluan kapur dan senyawa phosphate harus mencukupi, karena itu dalam pemurnian harus ditambah susu kapur dan asam phosphate (250-300ppm).

6. Zat warna

Banyak terdapat pada kulit, daun, dan zat warna ini sulit larut dalam air (air dalam suhu kamar). Zat warna ini dapat dihilangkan pada pemurnian.

7. Zat bergetah

Terdapat pada sabut. Pada proses penggilingan kemungkinan zat ini bisa terikut dalam nira dan hanya sebagian saja yang dapat dihilangkan.

8. Sabut

Yaitu kumpulan zat-zat padat pada tebu yang tidak terdapat dalam air tebu dan nira, zat ini dapat berupa selulosa, lignin dan sebagian abu. Ampas terdiri dari sebagian besar sabut.

Umur panen tebu tergantung dari jenis tebu :

- Varietas masak awal, adalah tebu yang dipanen pada umur ≤ 12 bulan seperti BZ 132, PS 80-1484, PS 85-21050, dan triton.
- Varietas masak tengah, adalah tebu yang dipanen pada umur 12-14 bulan seperti PS 81-1321 dan PS 851.
- Varietas masak akhir, adalah tebu yang dipanen pada umur > 14 bulan seperti BZ 148 dan PS 863. Panen dilakukan pada bulan Agustus pada saat rendemen (% gulatebu) maksimal dicapai. Panen dilakukan satu kali pada akhir musim tanam (*Anonymous, 2007*).

3.3 Kualitas Gula

Standar kualitas gula pasir antara lain ditentukan oleh nilai polarisasi, kadar abu, kadar air, dan kadar gula reduksi. Semakin tinggi polarisasinya, semakin tinggi pula kadar sukrosanya dan semakin baik kualitas gula sebab akan tahan dalam penyimpanan yang juga ditentukan kadar airnya. Makin tinggi kadar abu, maka akan rendah kualitas gulanya, sebab kadar abu menunjukkan adanya bahan

anorganik yang akan berpengaruh pada warna dan sifat higroskopis gula. Kadar gula reduksi akan mempengaruhi nilai polarisasi. Apabila kadar gula reduksi tinggi maka nilai polarisasi tidak akan menunjukkan jumlah sukrosa yang terdapat dalam gula dan menunjukkan kualitas gula rendah sehingga lebih mudah rusak (Moerdokusumo, 1993). Pada tabel 3.2 dapat dilihat standar gula untuk konsumsi dalam negeri berdasarkan Surat Keputusan Kepala BULOG 1982, No. Kep. 130/KA/05/1982.

Macam Gula	Warna Nilai Remisi Direduksi	Kadar Air (%)	BJ Butir (g/cm ³)	Pol pada Suhu 20 °C (%)
SH II	No. 21 DC	0,15	0,8-1,1	99,2
SH I	No. 23 DC	0,15	0,8-1,1	99,2
SHS II	53,0-58,9	0,10	0,8-1,1	99,8
SHS I Standart	59,0-59,9	0,10	0,8-1,1	99,8
SHS I C	60,0-64,9	0,10	0,8-1,1	99,8
SHS I B	65,0-69,9	0,10	0,8-1,1	99,8
SHS I A	70	0,10	0,8-1,1	99,8

(Martoyo, 1991)

3.4 Bahan Baku Pembuatan Gula

3.4.1 Bahan Baku

Bahan dasar utama dalam pembuatan gula adalah tanaman tebu. Dari tebu ini akan dihasilkan nira yang kemudian di proses secara bertahap, mulai dari penggilingan, pemurnian, penguapan, masakan, sampai kristalisasi. Dari proses Bahandasar utama dalam pembuatan gula adalah tanaman tebu. kristalisasi ini akan didapatkan gula dalam bentuk kristal. Pada tabel 3.3 menjelaskan komposisi tebu

sebelum diolah menjadi larutan nira yaitu sebagai berikut :

Tabel 3.4 Komposisi Tebu

Komposisi	Jumlah (%)
Sukrosa	11-14
Gula Pereduksi	0,5-2
Senyawa Organik	0,15-2,0
Zat Organik	0,5-2,5
Sabut	10-15
Zat Warna, Malam dan Gum	7,5-15
Air	60-80

(Moerdokusumo, 1993).

1. Sukrosa

Sukrosa merupakan kristal yang tidak berwarna jernih, bebas dari air dan larut dalam air, mudah terhidrolisa dalam suasana asam, hidrolisa makin cepat bila suhu makin tinggi (Gautara dan Wijandi S, 1981).

2. Gula Reduksi

Gula reduksi merupakan monosakarida, stabil dalam suasana asam tetapi akan terurai dalam suasana basa. Reaksi makin cepat bila suhu makin tinggi, monosakarida yang terurai akan menghasilkan asam-asam organik yang menyebabkan pH menjadi turun sehingga terjadi *inverted an incretasi* pada alat sehingga menghasilkan zat warna yang mempunyai pengaruh buruk terhadap kualitas gula (Gautara dan Wijandi S, 1981).

3. Senyawa Organik

Asam organik yang terdapat pada nira adalah asam glycol, asam oksalat, asam amino, dan asam laktat. Sebagian asam ini terikat sebagai garam dan sebagian

terikat sebagai sama bebas. Asam organik ini pada penetralan akan terbentuk sehingga akan mempersulit kristalisasi (Gautara dan Wijandi S, 1981)

4. Zat Organik

Terdiri dari anion dan kation, kation-kation dapat berupa K, Na, Mg, Ca, Al, Fe. Anionnya berupa PO_4^{2-} , SO_4^{2-} , Cl^- . Unsur K dan Natrium bersifat alkali dan tidak dapat dihilangkan dari nira. Fe dapat membentuk zat warna sehingga ferri terlebih dahulu diubah menjadi ferro dengan memberi gas SO_2 sehingga nira menjadi jernih (Gautara dan Wijandi S, 1981).

5. Sabut atau Ampas

Merupakan bahan-bahan yang dapat larut dalam nira disebut juga bagasse, dapat dipakai sebagai bahan bakar dan bahan pembuat kertas

(Gautara dan Wijandi S, 1981).

6. Zat Warna

Zat warna dapat berasal dari batang maupun yang berbentuk selama proses, yang berasal dari batang adalah klorofil, anthosianin dan lain-lain. Zat warna yang berasal dari proses dapat terjadi karena terbentuknya karamel, yaitu reaksi antara Fe dan Phenol dan proses peruraian monosakarida (Gautara dan Wijandi S, 1981).

3.4.2 Bahan Bantu

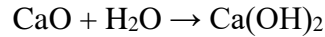
1. Phospat (P_2O_5)

Phospat berguna untuk menambah kandungan phospat dalam nira. Kandungan phospat dalam nira dapat dinyatakan dengan derajat phosphatase (mg/liter nira). Derajat phosphatase dalam nira harus sesuai dengan standar tergantung pada kondisi dalam macam operasinya (Soejadi, 1974).

2. Susu Kapur

Berfungsi untuk menaikkan atau menetralkan pH nira, mencegah terjadinya inversi, dan apabila bereaksi dengan phospat dan SO_2 akan membentuk

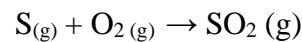
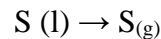
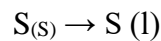
endapan bersama dengan kotoran yang ada dalam nira. Reaksi pembentukan susu kapur sebagaiberikut :



Pengendapan karena susu kapur membentuk gumpalan-gumpalan yang disebabkan oleh garam Ca (Soejadi, 1974).

3. Gas Belerang (SO₂)

Gas belerang berfungsi untuk membantu proses pemurnian dan pemasakan, yaitu untuk menetralkan kelebihan kapur dan memutihkan warna gula yang terjadi. Gas ini diperoleh dari hasil pembakaran belerang. Reaksinya adalah sebagai berikut :



(Soejadi, 1974)

4. Flocculant (Bahan Pengikat Kotoran)

Flokulan berfungsi untuk mengikat kotoran sehingga mempercepat proses pengendapan. Penambahan flokulan dapat mengatasi flok-flok kecil yang mengendap secara lambat yang dihasilkan dari koagulan. Flokulan yang digunakan jenis Anionik sebanyak 2,5 – 3 ppm. Penambahan flokulan dilakukan sebanyak 6 kg setiap 8 jam. Pemasukan flokulan ke dalam air yang akan dikoagulasikan dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu :

- Liquid feeder, yaitu banyaknya larutan dapat diatur sebanding dengan tingkat aliran air. Untuk tipe-pe ini koagulan dikeluarkan sudah dalam bentuk larutan, dengan terlebih dahulu dilarutkan didalam tangki-tangki pelarut.
- Dry feeder, yaitu diperlukan bahan-bahan dalam bentuk serbuk. Keuntungan dari dry feeder adalah sifat korosif dari bahan ini tidak seperti dalam bentuk larutan (Soejadi, 1974).

5. Desinfektan

Desinfektan berfungsi untuk membunuh mikroorganisme dalam nira yang dapat menguraikan, merusak nira sehingga tidak dapat terbentuk gula yang

diinginkan. Zat ini diberikan pada saat penggilingan dan awal pemurnian

(Soejadi, 1974).

3.5 Uraian Proses Produksi Gula

Uraian proses pada proses produksi gula PG Kebon Agung yaitu :

3.5.1 Penggilingan

Pada proses penggilingan bertujuan untuk pemerah nira sebanyak-banyaknya dan hasil berupa ampas tebu dengan kadar nira seminimal mungkin dengan cara yang paling efisien dan dengan biaya seminim mungkin. Proses penggilingan tebu dimulai dari bahan baku yang berupa tebu yang diangkut dengan truk dari kebun kemudian di timbang dan di tempatkan ke meja tebu sebagai proses pendahuluan pengolahan. Tebu dikupas dan dicacah menjadi fraksi yang lebih kecil. Saat proses penggilingan diberikan air imbibisi untuk mengurangi kehilangan gula dalam ampas, akibat kurang sempurnanya daya perah unit gilingan (Soejadi, 1974).

Setelah tebu tercacah kemudian masuk kedalam gilingan. Dimana terdapat 5 gilingan, cacahan tebu masuk ke gilingan I dan terjadi pemerahan nira lalu ampas masuk ke gilingan kedua yang di angkut dengan *intermediet carrier* untuk proses pemerahan ke dua. Hasil perahan nira pertama dan kedua dilewatkan DSM (*Delivery Screen Macerartion*) untuk dilakukan proses penyaringan dan kemudian menujungangi nira di stasiun pemurnian. Ampas gilingan II akan masuk ke gilingan III dan dibasahi dengan nira gilingan IV begitu seterusnya sampai gilingan V dan pada gilingan ke V diberi air imbibisi dengan suhu 60-70 °C untuk mengurangi gula dalam ampas (Soejadi, 1974).

Tabel 3.5 Komposisi Nira Tebu Hasil Pemerahan

Komposisi	Presentase
Air	75-88
Sukrosa	10-21
Gula Reduksi	0,3-3

Bahan Organik Bukan Gula	0,5-1
Bahan Anorganik	0,2-0,6
Senyawa Bernitrogen	0,5-1

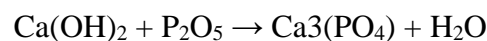
(Soejadi, 1974)

3.5.2 Pemurnian

Proses pemurnian bertujuan untuk memperoleh nira bersih dan membuang sebanyak-banyaknya zat bukan gula serta mengusahakan kerusakan gula akibat perlakuan proses yang dilakukan, sehingga mempermudah proses selanjutnya. Kualitas nira dipengaruhi oleh ion-ion organik seperti abu yang mengakibatkan viskositas pada tetes tinggi dan ion-ion hidrogen dalam koloid yang menyebabkan sulitnya proses pengendapan, sehingga terjadi inversi. Proses pemurnian nira pada dasarnya menggunakan susu kapur untuk menetralkan nira. Selain itu dapat ditambahkan CaO_2 atau SO_2 tergantung sistem pemurnian yang digunakan. Menurut soejardi ada tiga macam proses pemurnian yaitu :

1. Proses Defekasi

Proses defekasi merupakan proses yang paling sederhana karena pada proses ini hanya di campurkan susu kapur dan dilakukan pemanasan saja. Nira mentah akan dipanaskan dengan suhu $70\text{ }^\circ\text{C}$ - $75\text{ }^\circ\text{C}$, dan selanjutnya dimasukkan kedalam peti pencampuran (bejana defikator) dan ditambahkan susu kapur untuk mencapai pH netral 7-7,4. Susu kapur ini akan bereaksi dengan fosfat dalam nira dan membentuk endapan $\text{Ca}_2(\text{PO}_4)_2$. Reaksi yang terjadi pada proses ini yaitu :



(Gautara dan Wijandi, 1981)

Kandungan P_2O_5 didalam tebu akan bereaksi dengan air yang ada didalam nira mentah menjadi asam fosfat yang selanjutnya dengan penambahan susu kapur akan membentuk endapan berupa $\text{Ca}_2(\text{PO}_4)_2$. Pada proses pemberian kapur harus diperhatikan agar tidak memberikan pH yang terlalu tinggi (lebih besar dari 8,5)

jika diberikan secara berlebihan akan menyebabkan rusaknya gula reduksi dan menghasilkan asam yang membentuk garam-garam baru. Menurut Gautara dan Wijandi 1981 ada 3 macam proses defekasi, yaitu :

- **Defekasi Dingin**

Proses defekasi dingin merupakan proses penambahan kapur dalam keadaan suhu dingin. Dan setelah nira menjadi netral dipanaskan untuk membunuh mikroorganisme yang terkandung didalam nira dan mempercepat raksi antara susu kapur dan H_3PO_4 kemudian dilanjutkan proses pengendapan.

- **Defekasi Panas**

Pada defekasi panas penambahan susu kapur dilakukan pada saat proses pemanasan suhu $70\text{ }^\circ\text{C}$ untuk membunuh mikroba dan mengendapkan koloid karena pH 5,6 serta koloid akan menggumpal bila dipanaskan

(Gautara dan Wijandi S., 1981).

- **Defekasi Garam Dapur Phospat**

Nira mentah yang akan dimurnikan dibagi menjadi dua bagian. Bagian pertama ditambahkan susu kapur sampai pH 9,6 dan larutannya disebut sakarat. Bagian pertama dijaga pada temperatur rendah agar sukrosa tidak pecah. Kemudian bagian pertama dipakai untuk menetralkan bagian kedua. Hasil campuran menghasilkan endapan yang lebih besar dan campuran lebih jernih. Dalam proses defekasi kadar phospat perlu dikendalikan. Bila kadar phospatnya rendah akan dilakukan penambahan dari luar sehingga pengambahan susu kapur dalam nira akan membentuk garam kalsium phospat. Senyawa ini akan menyerap kotoran nira yang belum terendapkan. Kotoran yang berupa Al_2O_3 , Fe_2O_3 dengan adanya penambahan susu kapur akan membentuk hidroksida dan mengendap bersama phospat (Gautara dan Wijandi S., 1981).

2. **Proses Sulfitasi**

Proses sulfitasi merupakan proses pemurnian dengan cara penambahan susu kapur dan gas SO_2 dimana gas SO_2 didapatkan dari hasil pembakaran belerang yang digunakan untuk menetralkan pH menjadi 7,0-7,2. Proses ini dinilai lebih

sempurna daripada proses defekasi. Pada proses ini akan membentuk ion sulfit, yang sukar larut dan mengendap bersama kotoran yang terdapat dalam nira. Dengan penambahan SO_2 , pH nira diharapkan menjadi 7,1. Proses Sulfitasi ini menghasilkan gula putih yang disebut gula SHS. Sulfitasi dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu :

- **Sulfitasi Batch**

Pemberian susu kapur disuatu bejana kemudian nira diproses lebih lanjut

- **Sulfitasi Continue**

Terjadi pengeluaran dan pemasukan nira dalam bejana reaksi berjalan terus menerus. Pada prinsipnya proses defekasi ini merupakan penambahan susu kapur berlebihan dan kelebihan kapur yang mengakibatkan pH meningkat akan dinetralkan dengan gas SO_2 . Pada proses ini kotoran dapat dihilangkan sebanyak 12-15%. Berdasarkan cara pengaturan pH proses sulfitasi dibagi menjadi 3 macam yaitu:

- **Proses Sulfitasi Asam**

Mula-mula nira dari gilingan dengan pH 5,6 dipanaskan sampai suhu $70\text{ }^\circ\text{C}$, kemudian ditambahkan gas SO_2 sampai pH 4,5. Pada keadaan ini kotoran yang berupa koloid akan menjadi ion elektris dan membentuk endapan. Setelah itu ditambahkan kapur sampai pH 8-8,5 dan akhirnya dinetralkan sampai pH 7-7,2 dengan mengalirkan gas SO_2 . Dalam proses ini digunakan jika kandungan P_2O_5 dalam nira kurang dari 0,25%.

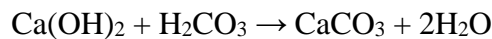
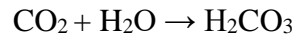
- **Proses Sulfitasi Netral**

Nira mentah ditambahkan susu kapur dan gas SO_2 secara bersama sampai pH 8,5. Kemudian aliran susu kapur dihentikan dengan aliran gas SO_2 diteruskan hingga pH 7-7,2. Pada cara ini, endapan yang diperoleh lebih baik dari pada sulfitasi asam karena disamping endapan garam kalsium sulfit juga didapatkan endapan kalsium fosfat. (Christina, 1983).

3. **Proses Karbonatasi**

Proses karbonatasi adalah proses pengolahan gula yang pada proses pemurniannya menggunakan kapur dan CO_2 sebagai bahan pemurni. Pada

dasarnya gas CO₂ bergunabagi bahan yang digunakan untuk mengendapkan kelebihan kapur menjadi CaCO₃. Reaksi yang terjadi adalah :



(Christina, 1983)

Jumlah kapur yang digunakan pada proses ini hampir sepuluh kali banyaknya dibandingkan untuk proses sulfitasi, tetapi proses karbonatasi mempunyai beberapa keuntungan :

- Lebih banyak bahan bukan gula yang tersaring.
- Mutu gula putih yang dihasilkan relative lebih baik dibandingkan proses sulfitasi.
- Kemurnian gulanya tinggi sehingga baik digunakan sebagai bahan industri minuman, susu kental dan coklat.

Proses karbonatasi terdiri dari empat macam proses, antara lain :

- Pemanasan, yaitu proses pemberian panas dengan juice heater, dengan jumlah pemanas tergantung jenis karbonatasi.
- Pengapuran, yaitu proses pemberian susu kapur dengan derajat kekentalan tertentu, tergantung jenis karbonatasi. Proses pengapuran dilakukan di tangki karbonatasi bersama-sama dengan penambahan CO₂.
- Karbonatasi, yaitu penambahan gas CO₂ yang dilakukan di tangki karbonatasi.
- Penyaringan, yaitu proses pemisahan antara nira jernih dan cake.

3.5.3 Penguapan

Nira yang mengalami proses pemurnian masih mengandung air, air ini harus dipisahkan dengan menggunakan alat penguap. Penguapan adalah salah satu proses menghilangkan zat pelarut dari dalam larutan dengan menggunakan panas. Zat pelarut dalam proses penguapan nira adalah air. Bila nira dipanaskan terjadi penguapan molekul air. Akibat penguapan, nira akan menjadi kental. Sumber panas yang digunakan adalah uap panas. Pada pemakaian uap panas terjadilah peristiwa

pengembunan. Sistem penguapan yang dipakai perusahaan gula adalah penguapan efek banyak (Soejadi, 1974).

Prinsip kerja pre-evaporator dan evaporator adalah sama hanya bedanya padasusunan pemakaian dan pemanas yang digunakan, yaitu pada pre-evaporator menggunakan singel effect, yaitu susunan pemakaian secara tunggal (dimana panas diberikan oleh satu luas permukaan pindah panas sehingga uap yang digunakan sebagai pemanas di pre-evaporator akan terkondensasi) dan evaporator menggunakan multiple effect yaitu susunan yang berantai antara evaporator yang satu dengan yang lain (dimana uap yang dikeluarkan untuk evaporator I digunakan untuk evaporator II, begitu juga sebaliknya) (Soejadi, 1974).

3.5.4 Masakan/Kristalisasi

Kristalisasi adalah proses pemisahan padatan-cairan melalui alih massa dari fase cair ke fase kristal padat murni dengan cara pendinginan, penguapan atau kombinasi keduanya. Prinsip serupa berlaku pula pada pembentukan kristal akibat penambahan substansi ketiga yang dapat bereaksi membentuk endapan kristal atau menurunkan kelarutan bahan yang diendapkan. Oleh sebab itu, kelarutan bahan yang membentuk kristal merupakan faktor penting dalam kristalisasi (Soejadi, 1974).

Ada beberapa hal penting yang perlu mendapatkan perhatian dalam kristalisasi, antara lain yaitu hasil kristal, kemurnian, ukuran dan keseragaman serta bentuknya. Bentuk kristal umumnya teratur, dapat berupa sistem kubik, tetragonal, orthohombik, hexagonal, monoklinik, triklinik atau trigonal (Soejadi, 1974). Apabila dalam suatu campuran sejenis terjadi kristalisasi, suatu fase padatan baru akan terbentuk. Pemahaman mekanisme pembentukan kristal tersebut, yang kemudian tumbuh, sangat bermanfaat dalam merancang dan mengoperasikan alat kristalisasi (Soejadi, 1974). Keseluruhan kristalisasi dari suatu larutan lewat jenuh (*super saturated*) terdiri atas dua tahap yaitu dasar pembentukan inti kristal dan pertumbuhan kristal. Apabila larutannya bebas dari semua partikel padat, substansi asing ataupun substansi yang mengkristal, pembentukan inti haruslah terjadi terlebih dahulu sebelum mulai pertumbuhan kristal. Inti kristal baru dapat terus terbentuk,

disamping pertumbuhan yang telah ada. Tenaga pendorong untuk tahap pembentukan inti dan tahap pertumbuhan adalah keadaan lewat jenuh atau supersaturated. Kedua tahap ini tidak akan berlangsung dalam larutan jenuh (saturated) atau kurang jenuh (unsaturated) (Gautara. Wijandi S, 1981).

3.5.5 Putaran

Prinsip kerja dari pemutaran adalah memisahkan kristal-kristal gula dengan stroop dari mascuite masakan berdasarkan gaya centrifugal dari alat pemutar, sedang kristal gula akan tertinggal dimana semakin tinggi pemutaran akan semakin besar kekuatan memisahkan stroop dengan kristal gulanya (Goutara. Wijandi S, 1975).

3.5.6 Pengeringan, Pendinginan dan Penyaringan

Pengeringan dilakukan pada talang getar, dimana gula akan melompat-lompat sehingga mempercepat pengeringan karena seluruh kristal terkena hembusan udara panas dari pengering gula. Pendinginan gula dengan menghembuskan udara dingin sampai suhu gula sama dengan suhu udara. Setelah dingin dan kering, gula disaring untuk memisahkan gula halus, gula kasar, dan gula produk. Gula halus dan gula kasar akan dilebur kembali, sedangkan gula produk akan ditimbang dan dikemas (Chen. J & Chou, 1993).

3.5.7 Packaging

Pengemasan adalah usaha perlindungan terhadap produk dari segala macam kerusakan dengan menggunakan wadah. Gula produk ditimbang dengan timbangan curah dengan skala yang sudah diatur untuk berat bersihnya, dan langsung masuk ke karung plastik dan dijahit secara otomatis. Selanjutnya gula produk dibawa ke gudang penyimpanan menggunakan conveyor. Gudang adalah tempat penyimpanan gula produk setelah gula dikemas dan diketahui beratnya yang sesuai dengan standar

(Chen. J & Chou, 1993).

3.5.8 Pengendalian Mutu

Pengendalian mutu merupakan usaha yang mutlak dilakukan terutama untuk industri pengolahan untuk mempertahankan kualitas, kontinuitas, spesifikasi produk yang telah ditetapkan serta agar toleransinya dapat disukai dan diterima konsumen. Kepercayaan dan kepuasan konsumen/pembeli adalah tujuan utama dan sekaligus merupakan tolak ukur keberhasilan dalam usaha melaksanakan sistem jaminan mutu. Diatas kepercayaan dan kepuasan konsumen itulah perusahaan mendasarkan perkembangan usahanya (Moerdokusumo, 1993).

3.5.9 Pengolahan Limbah

Limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik (rumah tangga), yang kehadirannya pada suatu saat dan tempat tertentu tidak dikehendaki lingkungan karena tidak memiliki nilai ekonomis. Setiap limbah tidak dapat dibuang secara langsung ke lingkungan karena akan menimbulkan dampak buruk bagi lingkungan. Limbah yang dibuang harus diolah terlebih dahulu sehingga memenuhi baku mutu agar tidak mencemari lingkungan. Kualitas limbah dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu volume limbah, kandungan bahan pencemar, frekuensi pembuangan limbah (Ginting, 1992). Selain dengan pengolahan, limbah juga dapat digunakan kembali dan dapat diolah menjadi sesuatu yang bermanfaat. Berdasarkan karakteristiknya, limbah industri dapat digolongkan menjadi empat bagian :

1. Limbah cair
2. Limbah padat
3. Limbah gas dan partikel
4. Limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun)

Kandungan senyawa organik dalam limbah sangat beragam dan sangat tergantung dari sumbernya, tetapi secara umum kandungan senyawa organik tersebut dapat ditentukan dengan tes BOD (*Biological Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), TOC (*Total Organic Carbon*), dan TSS (*Total Suspended Solid*) (Hugot, 1986). Pengolahan limbah secara biologik adalah untuk menghilangkan bahan organik dan anorganik yang terlarut dalam air serta bahan

yang tidak mau mengendap melalui proses penguraian biologik dan jika perlu untuk menjadikan limbah tersebut tidak berbahaya dalam perlakuan berikutnya. Penanganan limbah secara biologis melibatkan peranan populasi mikroorganisme campuran, susunannya tergantung pada sifat dan susunan air yang harus ditangani, suhu, dan waktu tinggalnya air (Supriyadi, 1992).

3.6 Proses Pembuatan Gula Tiap Stasiun

3.6.1 Stasiun Penerimaan

Pada stasiun ini tebu dari truk diterima lalu di tempatkan pada *emplacement* yang merupakan tempat pengumpulan tebu dari beberapa sumber baik dari kebun tebu milik rakyat atau kebun tebu milik sendiri. Hal yang perlu diperhatikan dalam pengumpulan tebu di *emplacement* memastikan bahwa tebu datang tepat waktu agar tidak mengganggu proses selanjutnya dan tidak terjadi penimbunan di *emplacement* sehingga akan mempengaruhi kualitas tebu. Pengawasan dan persediaan bahan baku diawasi dan ditangani oleh bagian tanaman seksi tebang angkut. Untuk mengontrol mutu tebang, PG Kebon Agung menetapkan bahwa tebu yang boleh masuk untuk digiling harus memenuhi syarat Manis Bersih Segar (MBS), antara lain:

1. Manis

Tebu harus sudah masak atau tua dengan batangnya berwarna ungu. Tebu harus memiliki % Brix yang tinggi atau lebih dari 15%, hal ini dapat diketahui dari kadar % Brix yang terukur dengan alat Refraktometer (*Hand Brix*), semakin besar kadar *brix* maka kadar sukrosa didalam tebu semakin tinggi.

2. Bersih

Hasil tebang yang dikirim ke pabrik harus bersih dari kotoran (pucukan, akar, tanah, dan pengotor lainnya). Kebersihan tebu dari pengotor harus dipastikan agar tidak mengganggu proses pemurnian. Kebersihan tebu layak giling hanya dianalisa secara kualitatif atau dengan menggunakan indera penglihatan.

3. Segar

Waktu antara tebu ditebang dan digiling tidak lebih dari 1 hari dan maksimal 4

hari setelah dipanen, analisa kualitatif atau dengan menggunakan indera penglihatan. Syarat dan ketentuan Non- MBS (Kotor) terdiri dari :

- Daduk (daun yang kering) dengan potongan 5%.
- Tali pucuk dengan potongan 2%.
- Pucuk dengan potongan 15%.
- Akar yang kotor dengan potongan 5%.
- Tebu muda dan lelesan tebu ditolak.
- Sogolan (tebu yang baru tumbuh) dengan potongan 10%.

Sebelum memasuki stasiun penerimaan terdapat *screening* administrasi. Truk yang mengangkut tebu harus membawa surat perintah tebang dan Angkut (SPTA) yang dapat diambil di kantor PA. Ada 2 jenis Surat Perintah Tebang dan Angkut (SPTA), yaitu:

1. SPTA KUD milik rakyat
2. SPTA tebang sendiri milik PG Kebon Agung

Surat Perintah Tebang dan Angkut (SPTA) terdiri dari lima lembar yang berbeda warna. Lembar I (putih) sebagai arsip PDE, lembar II (hijau) sebagai arsip sopir, lembar III (biru) sebagai arsip bina wilayah, lembar IV (kuning) sebagai arsip pabrikasi, dan lembar V (merah) sebagai arsip bagian tebang dan angkut (penerimaan). Truk yang sudah menerima surat perintah tebang langsung menuju pos penerimaan tebu untuk dilakukan analisa awal kandungan % brix. Tebu yang masuk pos penerimaan dipastikan mempunyai %brix ≥ 15 .

Tujuan dari stasiun ini adalah:

1. Melakukan analisa awal (% Brix) sampel tebu yang masuk.
2. Mencatat keterangan truk tebu yang masuk (nomer polisi truk dan kode register) dan hasil analisa awal (% Brix) tebu pada DPT (Daftar Penerimaan Tebu).
3. Membagi nomer antrian dan mengatur jalur masuk truk tebu yang akan masuk ke stasiun gilingan.



Gambar 3.2 Antrian Truk Pengangkut Tebu di Stasiun Penerimaan

3.6.2. Stasiun Timbangan

Tebu yang sudah memenuhi syarat analisa awal akan di timbang sebelum di tampung pada *emplacement*. Dalam operasionalnya PG Kebon agung sudah menerapkan komputersasi untuk pencatatan berat tebu walaupun didukung dengan sistem manual. Terdapat dua jenis timbangan yaitu timbangan truk Tebu dan timbangan truk Non Tebu

a. Timbangan Truk Tebu

Ada dua kali tahapan untuk proses penimbangan, yaitu penimbangan di jembatan elektronik pada truk yang berisi tebu sebelum tebu di bawah ke stasiun penggilingan didapatkan berat bruto dan penimbangan di jembatan elektronik pada truk yang kosong setelah tebu di bawah ke stasiun penggilingan didapatkan berat tara. Sehingga didapatkan berat neto tebu pada *emplacement* yang didapatkan selisih antara bruto dan tara. Pada timbangan truk tebu terdapat dua kapasitas unit yaitu kapasitas 40 unit dan kapasitas 80 ton

b. Timbangan Truk non Tebu

Bahan non tebu yang keluar masuk dari PG Kebon Agung seperti tetes (*Mollase*), abu, besi, minyak residu, belerang, gamping (kapur tohor) dan asam phospat. Bobot muatan maksimal timbangan ini adalah 80 ton dengan bilangan terkecil 5 kg. Truk yang berisi bahan non tebu ditimbang dan setelahnya truk kosong di timbang lagi.



Gambar 3.3 Stasiun Penimbangan

3.6.3 Stasiun Penggilingan

Stasiun penggilingan bertujuan untuk mendapatkan nira sebanyak-banyak dari tebu yang di giling dengan efektif dan efisien. Pada proses penggilingan di tambahkan air imbibisi untuk melarutkan gula yang masih ada di ampas tebu sehingga menghasilkan produk samping ampas tebu dengan kadar gula serendah mungkin. Ampas tebu dimanfaatkan menjadi bahan bakar ketel untuk menghasilkan uap.

Setelah tebu di timbang, lalu di angkut menggunakan *cane crane preparation* menuju *cane table*. *Cane crane* merupakan alat yang digerakkan dengan motor listrik yang dikendalikan operator. PG Kebon Agung menggunakan 4 buah crane, yaitu *crane* I dan II (sebelah utara) untuk truk besar dan *crane* III dan IV (sebelah selatan) untuk truk kecil. Tebu-tebu tersebut diangkut oleh *auxiliary carrier* dengan kecepatan putar 588 rpm menuju *cane leveller* dengan kecepatan putar 40 rpm untuk diratakan dengan jarak tertentu, kemudian menuju *cane cutter*. Tebu yang berada di *cane table* di salurkan menuju *cane carrier*. *Cane table* merupakan alat penggerak dalam menyalurkan tebu yang dilengkapi rantai penggerak dan terdapat rantai serta cakar/pengait untuk membuat tebu bergerak dan jatuh kearah *cane carrier* yang digerakkan dengan motor listrik.

Tebu di *cane carrier* akan dibawah menuju *cane cutter*. PG Kebon Agung memiliki 2 unit *cane carrier* yaitu *Cane Carrier* I yang berfungsi membawa tebu dari

cane table sedangkan *cane table* II berfungsi untuk membawa tebu yang telah melewati *cane cutter* dan unigrator menuju unit gilingan.

Selanjutnya tebu yang sudah masuk *cane cutter* akan di cacah menjadi bagian yang lebih kecil dan membuka sel-sel tebu untuk memudahkan penggilingan. PG Kebon Agung memiliki 2 *cane cutter* yang memiliki spesifikasi alat yang berbeda-beda. *Cane cutter* I memiliki 56 buah mata pisau dengan jarak 25 cm dari *carrier* dan *cane cutter* II memiliki 80 buah mata pisau dengan jarak 30 cm dari *carrier*. *Cane cutter* beroperasi dengan putaran 600 rpm, yang berputar berlawanan arah dengan arah *cane carrier* untuk memotong tebu yang masuk. Pisau-pisau yang berada di pinggiran piringan baja akan menyayat tebu sehingga dihasilkan ukuran tebu yang kurang lebih sama.

Tebu yang sudah menjadi bagian yang lebih kecil akan dihaluskan lagi dengan HDHS (*Heavy Duty Hammer Shredder*) yang merupakan alat penumbuk dan pemotong yang bekerja secara bersamaan sehingga menjadi bagian yang lebih halus dan kecil. Pada alat ini terdapat bagian yang berbentuk seperti palu, yang bekerja sebagai penumbuk cacahan tebu. Proses ini mempermudah pemerahan nira. Putaran HDHS (*Heavy Duty Hammer Shredder*) berkisar 950 yang digerakkan menggunakan turbin dengan kecepatan putar 950 rpm dan tekanan 7,8 kgf/cm².

Tebu kemudian di bawa oleh *cane carrier* II dengan kecepatan putar 3800 rpm menuju alat penggilingan. PG Kebon Agung memiliki 5 set *roll* gilingan dengan kapasitas 107.000 kwintal/hari (3.600-5.000 kwintal/jam). Di alat ini tebu akan digiling dengan prinsip penekanan di antara *roll-roll* alat sehingga di dapatkan nira dan ampas tebu. Nira merupakan hasil ekstraksi tebu yang mengandung gula. Tebu akan digiling dengan 5 alat penggiling sehingga dari alat giling yang pertama ke alat penggiling yang ke lima di dapatkan nira dengan tingkat kemurnian yang berbeda-beda. Kemurnian yang tinggi di dapatkan pada gilingan yang pertama dan menurun sampai ke gilingan yang ke lima. Pada proses penggilingan memanfaatkan *steam* hasil penguapan. *Steam* yang masuk untuk menggerakkan alat sebesar 18,8 kgf/m². Tiap set *roll* gilingan terdapat 3 roll gilingan yaitu *roll* depan, *roll* belakang dan rol atas serta dilengkapi *roll* pengumpan. Setiap ampas atau sabut tebu yang masuk unit

gilingan akan terperah 2 kali yaitu pada *roll* atas, *roll* depan, serta *roll* atas dan *roll* belakang. Nira dari gilingan I dan gilingan II di tamping di *raw juice* tank dengan *flowrate* 399 m³/jam, dan dilewatkan ke *Rotary Screen* untuk disaring. Dan dialirkan ke tangki nira mentah untuk di bawa ke stasiun pemurnian. Sedangkan ampas yang dihasilkan di gilingan I akan di kembalikan ke gilingan II dan dibasahi dengan nira dari gilingan III dengan kecepatan putar 3800 rpm dengan tekanan 11-14 kgf/cm².

Ampas hasil gilingan II akan di angkut dengan *intermediet Carrier* menuju gilingan III dan dibasahi dengan nira gilingan IV serta air imbibisi dengan suhu 70 °C. Tujuan di alirkan air imbibisi adalah untuk melarutkan kandungan gula yang masih ada di ampas tebu sehingga diharapkan ampas tebu yang dihasilkan mengandung gula serendah mungkin. Suhu air imbibisi juga dijaga agar menggunakan suhu optimum, bila suhu terlalu tinggi maka akan melarutkan senyawa non gula lainnya seperti zat lilin yang terkandung didalam tebu sehingga akan mempengaruhi proses pemurnian, dan apabila suhu terlalu rendah gula memungkinkan gula yang ada di ampas tebu tidak terlarut dengan baik. Pada gilingan III ini kecepatan putar yang beroperasi 4300 rpm dengan tekanan 13,8 kgf/cm².

Lalu ampas pada gilingan III akan menuju gilingan IV menggunakan *intermediet carrier* dan di basahi menggunakan nira gilingan V serta penambahan air imbibisi pada suhu 70 °C. Pada gilingan III ini kecepatan putar yang beroperasi 4400 rpm dengan tekanan 11-14 kgf/cm²

Dan ampas hasil gilingan empat akan menuju gilingan V dengan menggunakan *intermediet carrier* dengan penambahan air imbibisi dengan suhu 70°C yang berputar dengan kecepatan 4500 rpm dan tekanan 11-14 kgf/cm².

Susu kapur ditambahkan pada keluaran nira gilingan III-V pada talangan nira yang masuk ke saringan nira untuk meminimalisir terjadinya inversi sukrosa, serta dapat mengurangi korosi pada alat gilingan. Sementara ampas yang dihasilkan di bawa ke stasiun ketel dan ke bagassilo separator dengan menggunakan *main carrier*. Ampas yang menuju ketel akan dimanfaatkan sebagai bahan bakar ketel uap sementara yang menuju ke bagassilo separator dimanfaatkan untuk membantu penyaringan nira kotor hasil pengendapan di *clarifier* pada *rotary vacuum filter*.



Gambar 3.4 Stasiun Gilingan

3.6.4 Stasiun Pemurnian

Stasiun pemurnian bertujuan dalam memisahkan zat gula dan zat non gula (pengotor) didalam nira menggunakan cara kimia dan fisika. Dalam proses pemurnian di dapatkan produk utama berupa nira jernih dan produk samping berupa blotong yang dapat Dalam proses ini diupayakan sukrosa tidak mengalami kerusakan yang signifikan dan di upayakan seminimal mungkin agar kandungan gula di dalam nira tidak menurun. Syarat nira ketika masuk ke Stasiun Pemurnian:

1. pH minimal 5,5-5,6
2. Kadar phospat sekitar 250-300 ppm
3. Kadar kapur sebesar ± 1000 ppm
4. Harga nira mentah 70- 72%

Selanjutnya nira yang telah disaring ditimbang dengan *elektromagnetik flowmeter* dan ditambahkan dengan H_3PO_4 dengan tujuan menyerap koloid dan zat warna serta mempermudah proses pembentukan floc (endapan), sehingga dihasilkan nira yang lebih. Jernih. Penambahan H_3PO_4 dilakukan secara kontinyu samapai didapatkan nira mentah 300-350 ppm. Penambahan H_3PO_4 bergantung dari kandungan fosfat didalam tebu, apabila kadar tebu mengandung fosfat kurang dari 300 ppm maka dilakukan penambahan fosfat. Kapasitas pemurnian nira mentah di PG Kebon Agung di targetkan mencapai 500 ton/hari . nira kemudian di pompa menuju PP 0 (Pemanas Pendahuluan), dengan suhu 75-80 $^{\circ}C$. Pemanas pendahuluan bertujuan mengurangi beban panas pada PP I untuk meminimalisir *cost* pengeluaran.

Setelah PP 0 nira dipompa menuju PP I, nira dipanaskan menggunakan suhu 103-105 °C dengan menggunakan uap blending dari evaporator dengan tekanan 0,4-0,5 kg/cm³. Suhu dan tekanan tersebut bertujuan untuk mematikan patogen, menggumpalkan koloid dan membantu terbentuknya endapan.

Kemudian nira dialirkan ke defikator untuk diberikan susu kapur sampai dengan pH 7-7,2. Keluar dari defikator, nira lalu masuk ke *static mixer*. Di dalam alat ini terjadi pencampuran antara susu kapur dengan nira mentah, alat ini bekerja dengan menggunakan prinsip kerja pengaduk diam, dimana nira mentah yang bercampur dengan susu kapur akan mengalir melalui sekat-sekat yang tidak berlubang. Hasil yang diharapkan mempunyai pH 8,5-9.

Setelah itu nira masuk ke bejana sulfitasi (*sulfur tower*) untuk dialiri gas SO₂ sampai pH menjadi 7-7,3. Proses yang terjadi di dalam SO₂ *tower* bertujuan untuk mempercepat pemisahan antara kotoran dengan nira menggunakan gas SO₂ dengan proses *absorpsi*. Di dalam SO₂ *tower* suhu operasinya berkisar 80 °C, bila suhunya terlalu tinggi maka SO₂ tidak dapat masuk, tetapi bila suhunya terlalu rendah reaksinya tidak dapat berlangsung. Gas SO₂ ini didapatkan dari pemanasan belerang di alat *rotary sulphur burner*, alat ini berfungsi untuk menyalurkan udara dengan belerang (sulphur) dengan prinsip kerja berputar, putaran alat ini memiliki kecepatan sekitar 7 rpm. Kemudian setelah didapatkan SO₂ gas ini akan dihantarkan dengan bantuan *screw* yang berada di dalam *sublimator*. *Screw* ini memiliki kecepatan sekitar 19,1 rpm. Pada SO₂ *tower*, gas SO₂ akan bergerak dari bawah alat menuju ke atas alat dengan bantuan blower yang memiliki kecepatan putaran sekitar 29 rpm. Gas SO₂ akan bereaksi dengan H₂O menjadi H₂SO₃. Nira yang terdapat dalam alat bergerak dari atas menuju ke bawah alat melewati sekat-sekat saringan yang disusun secara bertingkat yang bertujuan untuk memperluas area kontak antara nira dan gas SO₂ sehingga nira yang mengalir ke bawah dapat terabsorpsi sempurna oleh gas SO₂. Sekat-sekat saringan yang digunakan berlubang bertujuan untuk menyaring nira dimana gas H₂SO₃ akan melalui tetesan-tetesan nira dan mengikat CaOH₂ menjadi CaSO₃ yang akan mengendap pada saringan tersebut. Nira yang terbawa keatas oleh gas SO₂ akan disaring oleh *juice catcher* sedangkan gas SO₂ akan dibuang ke udara

bebas. Nira yang sudah melalui SO_2 tower akan di tampung dalam *reaction tank* dimana terjadi reaksi pembentukan endapan $CaSO_3$ yang akan bergabung dengan inti endapan $Ca_3(PO_4)_2$ dalam mengikat kotoran sehingga dapat lebih mudah dipisahkan. Sekat yang terdapat pada SO_2 tower memiliki jumlah 9 buah, dengan jarak antar sekat sekitar 70-80 cm, nira yang keluar dari SO_2 tower memiliki pH sekitar 7,1-7,2 (netral) dengan suhu 80 °C.

Selanjutnya nira akan melewati peti *reaction tank*, dimana dalam peti tersebut akan terjadi proses pengadukan nira yang dihasilkan agar pH yang di kandung oleh nira menjadi netral sekitar 7,1. Prinsip kerja *reactor tank* sama dengan mesin pengaduk kue yang dimana terdapat tangki dilengkapi agitator. Setelah mengalami pengadukan di peti *reactor tank*, nira akan masuk ke dalam peti pengendapan (*clarifier*), namun sebelum memasuki *clarifier* nira akan masuk ke *flash tank*, di dalam *flash tank* ini nira akan diberikan zat flokulan dengan cara menghembuskan atau menyemprotkan. Terdapat dua jenis flokulan yaitu flokulan kation yang hasil floknya akan mengambang dan flokulan anion yang hasil floknya akan mengendap. Flokulan yang digunakan berjenis flokulan anion dengan merek Accofloc A110-H dengan dosis yang diberikan sekitar 2 ppm/jam. Sebelumnya flokulan akan dicairkan terlebih dahulu dengan air sebanyak 450 liter di dalam *flocculant tank*. Di dalam flash tank nira akan mengalir kebawah tangki dan disemprotkan dengan flokulan, gas-gas yang tidak terpakai akan keluar melalui pengeluaran gas buang agar tidak mengganggu proses pengendapan. Fungsi dari flokulan ini yaitu untuk menangkap kotoran-kotoran yang melekat di dalam nira, selain itu untuk mengikat rantai endapan sehingga menghasilkan rantai endapan yang lebih besar. Gabungan antar *flash tank* dengan *flocculant tank* disebut sebagai *prefloc tower*. Setelah ditambahkan flokulan nira akan masuk ke dalam peti pengendapan (*single tray clarifier*). Di dalam *clarifier* akan terjadi proses pengendapan kotoran yang terkandung oleh nira, dimana kotoran-kotoran yang memiliki densitas lebih tinggi akan cenderung mengendap karna gaya gravitasi dan juga bantuan pengaduk dengan rpm rendah, sehingga nira jernih akan dapat dipisahkan dengan baik dengan pengotornya. Nira jernih akan berada di bagian atas, sedangkan pengotor akan mengendap di bagian bawah.

Proses selanjutnya adalah nira dipanaskan kembali di *juice heater* II (PP II) sampai suhu 115 °C dengan tekanan 0,8-1 kgf/cm². Tujuannya adalah untuk mendekati titik didih nira sehingga mendapat pengurangan beban penguapan di evaporator dan mempercepat proses penguapan Nira encer yang dihasilkan akan memiliki kadar brix sekitar 12% brix sampai dengan 13% brix dengan pH sekitar 7 yang selanjutnya akan masuk ke *pre-evaporator*. Sedangkan nira yang kotor akan masuk ke dalam alat *mixer bagasillo*. Tujuan pemrosesan di dalam alat *mixer bagasillo* adalah untuk menekan kandungan gula di nira kotor dan untuk mempertebal kualitas dari blotong (limbah tebu). Di dalam *mixer bagasillo* ini merupakan ampas halus yang berasal dari mesin penggilingan tebu. Setelah melewati *mixer bagasillo* campuran nira kotor dengan bagasillo ini akan masuk ke dalam *rotary vacuum filter*. Pada alat *rotary vacuum filter* akan dihasilkan nira tapis dan blotong (limbah tebu), nira tapis yang dihasilkan ini merupakan nira kotor yang akan dikembalikan lagi ke dalam peti nira mentah yang akan ditambah asam fosfat (H₃PO₄), sedangkan blotong (limbah tebu) yang dihasilkan dimanfaatkan sebagai pupuk kompos. Biasanya pupuk kompos yang dibuat merupakan campuran antara blotong, ampas tebu, abu ketel dan bakteri yang akan mengalami proses fermentasi selama satu minggu sampai dua minggu.



Gambar 3.5 Stasiun Pemurnian

3.6.5 Stasiun Penguapan

Stasiun penguapan bertujuan untuk mengurangi kadar air didalam nira encer sehingga di dapatkan nira dengan kekentalan yang di inginkan yaitu 28-32 °Be, dalam mencapai kekentalan tersebut kandungan air didalam nira di kurangi hingga 80%

dengan menggunakan suhu 60-120 °C dan % brix yang diharapkan mencapai 60%.

Proses penguapan dilakukan di *pre- evaporator* dan *evaporator*. PG Kebon Agung memiliki 9 *evaporator* dan 7 *evaporator* yang digunakan untuk beroperasi, sedangkan sisanya digunakan sebagai cadangan. Jenis sistem evaporator yang digunakan yaitu *multiple effect* dengan tipe *Quintuple effect* dengan lima badan penguapan yang digunakan secara seri. Penggunaan sistem *Quintuple effect* dengan paralel badan akhir karena selain efisiensi penguapan juga mempertimbangkan perbedaan suhu pada setiap *evaporator*. Dalam memperoleh kecepatan penguapan yang tinggi dan meminimalisir kerusakan gula selama proses penguapan maka penguapan dilakukan dengan dalam keadaan ruang hampa (Vacum Pan). Proses perpindahan panas (heat transfer) dari uap ke nira dalam rangkaian pipa tidakberkontak secara langsung, melainkan keduanya dipisahkan oleh adanya rangkaian pipa nira yang tersusun secara seri. *Pre-evaporator* dipakai dengan susunan tunggal (*single effect*), sedangkan *evaporator* dengan susunan berangkai (*multiple effect*).

Dalam satu seri alat *evaporator* memiliki nilai tekanan yang berbeda-beda, semakin kebelakang tekanan menjadi semakin rendah, sehingga perbedaan tekanan dapat mengalirkan uap air dari nira ke badan penguap I ke badan penguap II yang digunakan sebagai steam pemanas untuk memanaskan nira, begitu pula dari badan penguap II ke badan penguapan III dan seterusnya . Proses di stasiun penguapan yaitu:

1. Pre- Evaporator

Nira jernih dari hasil pemanasan di heater dengan suhu 110 °C, di pompa masuk ke *pre-evaporator*, pH nira yang masuk ke *pre-evaporator* dipastikan mendekati ph netral antara 7-7,2 karena jika dalam keadaan kondisi basa (>7) akan menyebabkan reaksi karamelisasi, sehingga terbentuk karamel yang menimbulkan kerak yang akan menyumbat pipa nira. Sedangkan jika kondisi asam (<7) akan menyebabkan sukrosa terinversi, sehingga tidak mampu membentuk kristal. Uap (*steam*) yang digunakan di *pre-evaporator* adalah uap (*steam*) bekas dari turbin, dengan tekanan 0,8-1 kgf/cm². Jumlah uap (*steam*) pada *Pre-evaporator* disesuaikan dengan kebutuhan uap (*steam*) untuk stasiun masakan. Hal ini dikarenakan uap (*steam*) pada *Pre-evaporator* akan dialirkan ke

stasiun masakan. Suhu dan tekanan ruang badan *Pre-evaporator* adalah 120-125°C dan 0,8 kgf/cm². Konsentrasi sebesar 15-16% brix. Dari *Pre-evaporator*, nira akan dialirkan ke rangkaian 5 *evaporator* (*Quintuple effect*). Sedangkan uap hasil pemanasan nira *pre-evaporator* digunakan untuk pemanas di pan masakan. Dari *Pre-evaporator* ke *evaporator* I dialirkan dengan bantuan pompa dikarenakan tekanan kedua *evaporator* tersebut sama.

2. *Evaporator I*

Steam yang digunakan di badan *evaporator* I berasal dari uap bekas dari turbin, dengan tekanan 0,8- 1 kgf/cm². Suhu dan tekanan ruang badan *evaporator I* adalah 100-110 °C dan 0,4-0,5 kgf/cm². Uap hasil pemanasan nira *evaporator I* digunakan untuk pemanas di *continue vacuum pan*, PP I dan PP II serta *evaporator* II, selanjutnya uap dan nira di alirkan ke badan *evaporator* II. Konsentrasi nira yang dihasilkan adala 19% brix.

3. *Evaporator II*

Uap nira yang dihasilkan di badan *evaporator* I, diinputkan ke badan *evaporator* II sebagai steam pemanas. Suhu dan tekanan ruang badan *evaporator* II adalah 80-90 °C dengan tekanan uap 0,2-0,3 kgf/cm². Konsentrasi sebesar 20-25% brix. Selanjutnya uap dan nira dialirkan ke badan *evaporator* III dengan prinsip beda tekanan.

4. *Evaporator III*

Suhu ruang badan *evaporator* III adalah 80-95°C dengan tekanan ruang vakum 10 cmHg. Steam yang digunakan di badan *evaporator* III berasal dari uap badan *evaporator* II. Konsentrasi sebesar 28-36% brix. Selanjutnya uap dan nira *evaporator* III dialirkan ke badan *evaporator* IV dengan bantuan pompa vakum.

5. *Evaporator IV*

Suhu ruang badan *evaporator* IV adalah 70-850C dengan tekanan ruang vakum 30 cmHg. Konsentrasi 40% brix. Uap yang dihasilkan di badan *evaporator* III, diinputkan ke badan *evaporator* IV sebagai steam pemanas. Uap dan nira dari *evaporator* IV dialirkan ke badan *evaporator* V dengan bantuan pompa vakum untuk menurunkan titik didih nira sehingga proses penguapan terjadi lebih cepat.

6. *Evaporator V*

Steam yang digunakan di badan *evaporator V* berasal dari uap nira dari badan *evaporator IV*. Suhu ruang badan *evaporator V* adalah 50-600C dengan tekanan ruang vakum 60-62 cmHg atau vakum. Konsentrasi sebesar 60% brix atau sebesar 30 °Be.

3.6.6 Stasiun Masakan

Stasiun masakan bertujuan untuk mengubah sukrosa terlarut dalam nira menjadi gula kristal dengan rata-rata ukuran 0,7-1 mm dengan cara penguapan lewat jenuh. Pada proses ini nira kental dari hasil proses penguapan akan di uapkan lebih lanjut. Stasiun masakan memiliki 13 buah pan masakan yaitu A= 8 pan masakan, A2 = 2 pan masakan, C= 2 pan masakan, D2 = 4 pan masakan) dan 1 buah continous Vacuum Pan (CVP) dengan kapasitas pan A = 700 HL, pan C = 500 HL dan pan D = 500 HL. Ukuran Kristal yang dihasilkan tiap masakan berbeda-beda pan masakan A menghasilkan 0,8-12 mm. Pan masakan C menghasilkan Kristal gula 0,16-0,5 mm dan pan masakan D menghasilkan Kristal 5µm- 0,3 µm.

Proses kristalisasi dalam *vacum pan*/pan masakan terjadi dengan cara penambahan bibit kristal yang disebut *fondant* yang biasanya ditambahkan sebanyak 200 cc. Inti kristal ini akan membesar sehingga menjadi kristal yang diinginkan. Kristal-kristal ini akan diperbesar dengan penambahan nira kental.

Pemasukan bahan masakan dilakukan secara bertahap sesuai prosedur kerja yang telah ditetapkan. Hal ini bertujuan untuk menghindari terbentuknya kristal palsu dan penyerapan bahan masakan ke inti kristal (*fondant*) yang kurang maksimal. Kristal palsu dapat timbul, dikarenakan jarak antar kristal berjauhan, pemasukan bahan yang kurang teratur, nira kental terlalu pekat dan masakan terlalu *viscous*. Nira kental yang akan masuk stasiun masakan harus memenuhi standar derajat kekentalan (°Be), yaitu berkisar antara 28-30. Dalam sistem masakan ACD, ada 5 tahap masakan, yaitu:

1. Masakan D2

Bahan baku yang digunakan pada proses ini adalah stroop C, klare SHS, klare D dan fondan. Bahan baku sebanyak 200 HL dipanaskan hingga kental, kemudian ditambahkan 200 cc *Fondant Crystal Sugar (FCB)* yang berfungsi sebagai inti kristal

dalam proses kristalisasi. Setelah kristal mulai terbentuk, maka ditambahkan lagi bahan baku hingga volume mencapai 400 HL. Setelah terbentuk kristal yang disyaratkan maka sampel diambil untuk mengetahui brix, pol, dan HK (harga kemanisan) gula yang dihasilkan. HK yang diinginkan sekitar 60-64. Selanjutnya 200 HL hasil dipompa ke masakan D1, apabila HK tidak tercapai dan belum terbentuk kristal maka akan ditambahkan sedikit nira kental.

2. Masakan D1

Hasil dari pan D₂ dialirkan menuju ke *Continuous Vacuum Pan (CVP)* untuk melakukan masakan D₁. Setelah tekanan ruang dalam pan masakan dikondisikan vakum dengan tekanan 60-65 cmHg, masakan D₂ dimasukkan dengan *flowmeter* 15, dan dilakukan pemanasan sampai mencapai titik didih bahan ($\pm 65^{\circ}\text{C}$) dengan menggunakan uap nira dari *evaporator*. Pada *compartement* 1-6 terdapat penambahan *Stroop A* dan air. Lalu, pada *compartement* 7-12 terdapat penambahan *Stroop A*, *Stroop C*, dan air. Sehingga di akhir *compartement* 12 didapatkan HK 58-59 dan ukuran gula D sekitar 0,5 mm. Lalu hasil masakan D₁ diturunkan menuju palung pendingin D dan dipompa ke *Vertical Crystalizer*, yang berfungsi untuk mendinginkan masakan D dengan cepat, agar terjadi kristalisasi lanjut sehingga kristal tidak mudah larut saat disiram air. Disini dihasilkan *massecuite* dengan ukuran kristal $\pm 0,4 \mu\text{m}$.

3. Masakan C

Bahan yang digunakan pada masakan ini adalah klare SHS, stroop A, *einwurf* D. Bahan baku sebanyak 200 HL dikentalkan, kemudian ditambahkan *einwurf* D sebanyak (40 HL), kemudian dikentalkan lagi agar kristal yang terbentuk semakin baik. Selanjutnya ditambahkan bahan baku sambil terus dikentalkan hingga volume 300 HL. Setelah mencapai volume yang diinginkan kemudian dianalisa brix, pol dan HK-nya. HK yang diinginkan adalah 70-72. Setelah HK diketahui, ditambahkan lagi bahan baku, kemudian dikentalkan lalu selanjutnya diturunkan ke palung pendingin dan dialirkan ke putaran.

4. Masakan A2

Bahan baku yang digunakan adalah nira kental, klare SHS, *einwurf* C dan

einwurf D. Bahan baku sebanyak 200 HL dikentalkan kemudian ditambahkan 40 HL *einwurf* C. Selanjutnya dikentalkan kembali, hingga kristal yang terbentuk semakin baik. Kemudian bahan baku ditambahkan lagi secara bertahap sambil terus dikentalkan, sehingga volume mencapai 400 HL. Hasil yang diperoleh diteruskan ke pan masakan A1.

5. Masakan A1

Bahan baku masakan A1 berasal dari pan masakan A2, kemudian ditambahkan bahan baku secara bertahap dan dikentalkan kembali hingga mencapai volume 400 HL. Setelah kental, nira kemudian diturunkan ke palung pendingin lalu dilanjutkan ke putaran A.

3.6.7 Stasiun Putaran

Tujuan dari stasiun putaran adalah untuk memisahkan gula kristal dengan larutan induknya (stroop). Pada proses ini didapatkan produk utama berupa gula SHS dan produk samping berupa mollase. Stasiun peuteiran dibagi menjadi 3 bagian yaitu putaran gula jenis A, C, dan D.

1. Putaran Discontinue Pada Gula A

Putaran *discontinue* A jenis WSM (*Western States Machine*), merupakan putaran langsung dimana pengoperasiannya secara digital dengan *system batch* yang berjumlah 7 buah. Untuk yang WS ada 3 buah dengan kapasitas 1200 kg (2 buah) dan kapasitas 1000 kg (1 buah). Sedangkan jenis Broad Bent ada 4 buah, dengankapasitas 1850 kg. Sebelum putaran dilakukan alat akan membersihkan sendiri dengan cara penyiraman dengan air panas kurang lebih 95°C selama 12-14 detik. *Massecuite* A ditampung pada palung pendingin, yang selanjutnya di alirkan ke palung distributor untuk di turunkan ke mesin putaran dan dilakukan 2 kali penyiraman. Suhu air yang digunakan untuk penyiraman lebih >95°C tergantung darikualitas gula, penyiraman pertama selama 10 detik akan menghasilkan stroop A dan penyiraman kedua akan menghasilkan klare SHS dan gula A. Gula akan tetap menempel pada saringan selama mesin berputar dan selanjutnya akan diturunkan ketalang goyang. Sementara itu stroop A dan klare SHS akan dialirkan ke dalam tangki

penampung untuk digunakan pada stasiun masakan. Sisa gula yang menempel pada dinding putaran dibersihkan dengan *scrapp (discharge)*.

2. Putaran Continue Untuk Gula C

Massecuite C ditampung pada palung pendingin untuk di alirkan ke palung distributor untuk menjaga kontinuitas putaran C, setelah itu diturunkan ke mesin putaran. *Massecuite C* diputar dan dilakukan penyiraman 1 kali dengan air bersuhu 40-50°C sehingga diperoleh stroop C dan gula C. Gula C dengan HK = 961 diturunkan ke peti *einwurf C* sedangkan stroop C dialirkan ke tangki penampung untuk digunakan pada stasiun masakan.

3. Putaran Continue Untuk Gula D

Hasil dari masakan D ditampung dalam penampung kemudian dipompa ke *rapid crystallizer* yang memiliki elemen berisi air dingin yang bertujuan untuk mempercepat proses pendinginan, sehingga bentuk kristalnya tetap terjaga dan tidak meleleh karena ukuran kristal terlalu kecil. Suhu yang diturunkan mencapai 50 °C lalu diturunkan ke putaran gula D1 dan disiram air dengan suhu 40-50 °C sehingga diperoleh gula D1 dan tetes. Tetes dialirkan ke penampung dan di pompa ke tangki penampung tetes sedangkan gula D1 diturunkan ke distributor gula D2 kemudian diturunkan ke putaran D2 dan disiram dengan air dengan suhu 60 °C, dihasilkan gula D dan klare D. gula D dengan HK = 956 diturunkan ke peti *einwurf*, sedangkan klare D dipompa ke penampung klare D. mesin putaran D1 ada 5 buah dengan kecepatan putar maksimum 2000 rpm sedangkan putaran D2 ada 4 buah dengan kecepatan putar 2000 rpm (3 buah) dan 2100 rpm (1 buah).

3.6.8 Stasiun Pegemasan

Stasiun pengemasan bertujuan untuk mempersiapkan kristal gula dari stasiun putaran dan memisahkan gula yang memenuhi syarat dan gula yang tidak memenuhi syarat. Stasiun penyelesaian di bagi beberapa proses yaitu : Proses pengeringan, penyaringan dan pembungkusan.

1. Proses Pengeringan

Gula SHS dari stasiun putaran A disaring untuk memisahkan gula SHS dari

kotoran dan bongkahan gula yang nantinya akan di angkut di tangka peleburan. Gula yang keluar dari stasiun putaran akan masuk ke *vibrating conveyor* dalam keadaan panas dan belum kering. *Vibrating conveyor* berfungsi untuk memberikan getaran dan waktu kontak dengan udara luar pada gula SHS sehingga menjadi lebih kering dan dingin. Selain berfungsi sebagai pengering pendahuluan *vibrating conveyor* juga berfungsi sebagai pengangkut produk gula SHS. Selanjutnya gula masuk kedalam *sugar dryer dengan wet sugar cooler* untuk dikeringkan dengan mengalirkan udara dingin, lalu masuk ke proses penyaringan

2. Proses Penyaringan

Gula diangkut menuju *vibrating screen* dengan *bucket elevator*. Karena adanya hembusan udara panas, maka debu-debu gula yang sangat ringan akan terangkat dan terserap ke dalam *rataclone* dengan bantuan *blower*. Terdapat 2 yaitu saringan 8 mesh dan saringan 28 mesh. Gula halus dan kasar akan dilebur kembali sedangkan gula normal masuk ke silo. Kerikilan yang tersaring akan diangkut ke tangki leburan, sedangkan SHS diangkut ke silo.

3. Pembungkusan

Gula dari silo dibungkus menggunakan *packer* untuk menjaga segala macam kerusakan dan melindungi kualitas produk. Sebelum dilakukannya proses pengemasan dilakukan penimbangan dengan timbangan curah yang mempunyai kapasitas berat 50-50,2 kg, lalu dikemas dengan menggunakan karung plastik dan dilakukan penimbangan kembali dengan menggunakan timbangan statis untuk memastikan berat gula per karung yaitu 50 kg. Kemudian karung dijahit dan selanjutnya di kirimke gudang penyimpanan dengan *belt conveyor*. Syarat-syarat penyimpanan gula didalam gudang penyimpanan yaitu :

1. Berat jenis butir harus sesuai dengan SNI
2. Warna gula harus memenuhi persyaratan
3. Kadar air didalam gula tidak lebih dari 0,1%
4. Gula dikemas dalam karung dan diketahui beratnya
5. Telah dihitung oleh petugas gudang

3.7 Pengolahan Limbah

Limbah hasil produksi gula SHS pada PG Kebon Agung dibagi menjadi empat jenis limbah yaitu : Limbah padat, limbah cair, limbah gas dan limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun). Limbah yang dihasilkan di setiap proses produksi yang menghasilkan limbah tidak boleh langsung dibuang tetapi harus diolah terlebih dahulu, sehingga memenuhi persyaratan baku mutu limbah agar tidak mencemari lingkungan. Selain pengolahan beberapa limbah bisa dimanfaatkan kembali menjadi sesuatu yang bermanfaat

3.7.1 Pengolahan Limbah Cair

Air hasil proses produksi masih memiliki cemaran yang cukup tinggi, sehingga perlu dilakukan proses pengolahan lebih lanjut sampai memenuhi baku mutu air. Air limbah PG Kebon Agung mengandung senyawa ion logam, soda, oli, nira kotor, oksigen terlarut serta kondisi suhu yang tinggi. Proses pengolahan limbah cair terdahulu pada unit UPLC (Unit Pengolahan Limbah Cair) secara kontinyu. Air limbah proses dialirkan melalui saluran AML (Air Masuk Limbah).



Gambar 3.6 Inlet Unit Pengolahan Limbah Cair

Air yang masuk pada saluran AML (Air Masuk Limbah) ditambahkan susu kapur agar suasana menjadi basa $pH > 7$ agar kotoran yang ada lebih mudah mengendap. Penggunaan kapur ini juga mengurangi bau pada limbah. Suhnya juga harus dipastikan $< 40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Setelah itu air tersebut diproses di kolam ekualisasi yang bertujuan untuk memisahkan air limbah dari minyak dan lumpur pada air limbah. Pada

bak ekualisasi, air limbah akan mengapung dan terpisah dari minyak dan lumpur pada air limbah. Selanjutnya air limbah dipompa menuju kolam aerasi dengan secara bertahap. Kolam aerasi merupakan kolam berbakteri yang terbagi menjadi 4 kolam yaitu kolam aerasi 1, kolam aerasi 2, kolam aerasi 3 dan kolam aerasi 4. Pembagian kolam ini bertujuan sebagai penguraian secara bertahap oleh bakteri. Kolam tersebut di lengkapi dengan aerator sebanyak 58 buah yang berguna sebagai pengaduk sehingga terjadi penambahan oksigen pada air limbah. Dan angin yang dikeluarkan dari aerator pada bak aerasi 1 ke aerasi 4 semakin kecil. Aliran air limbah yang dari aerasi 1 menuju aerasi 2 hingga 4 dialirkan dengan prinsip *overflow*. Air yang dipompakan menuju kolam aerasi tidak boleh melebihi batas debit yaitu 120 m³/jam. Dilakukan penambahan urea sebagai *nutrient* dengan dosis rata-rata 4 kg/jam dan SP 0,8 kg/jam.



Gambar 3.7 Kolam Aerasi 1



Gambar 3.8 Kolam Aerasi 2, 3, 4

Setelah air limbah masuk ke kolam aerasi 1 hingga 4 selanjutnya limbah akan dialirkan ke *clarifier* untuk pengendapan. Air yang masuk ke *clarifier* dipastikan tidak ada benda-benda seperti daun, plastik dll yang dapat menyebabkan tersumbatnya pompa. Penambahan lumpur aktif ke kolam aerasi 1 dilakukan dengan pompa balik endapan *clarifier* secara kontinyu (bila endapan lumpur aktif lebih dari 30 %, maka dilakukan pemindahan ke bak stabilisasi). Setelah itu amati kelancaran air jernih yang mengalir pada talang *clarifier* sebagai *outlet*. Endapan lumpur aktif yang di atas 30 % dipindahkan ke bak stabilisasi, selanjutnya diluncurkan ke bak pasir. Pada bak pasir dilakukan penyaringan, air hasil tapisan dimasukkan ke bak filtrate, selanjutnya di pompa ke bak ekuilisasi. Endapan padat di atas pasir dikeringkan selanjutnya bisa dimanfaatkan sebagai pupuk tanaman di sekitar UPLC. Bak stabilisasi di awal proses dipergunakan sebagai pengembangbiakan bakteri. Air jernih dari *clarifier* keluar sebagai *outlet* menuju sungai. Untuk memastikan tercapainya standart baku mutu air limbah, maka dilakukan kembali analisa BOD, COD, TSS, warna, suhu, bau dan pH air bersih sebelum dialirkan kembali ke sungai. Nilai COD yang diizinkan 100 ppm sedangkan BOD sebesar 60 ppm. Setelah air limbah memenuhi syarat baku mutu maka air tersebut dapat dialirkan ke sungai.



Gambar 3.9 Kolam Stabilisasi



Gambar 3.10 Bak Sedimentasi



Gambar 3.11 Kolam *Outlate*

3.7.2 Pengolahan Limbah Padat

Limbah padat yang dihasilkan oleh PG Kebon Agung berupa ampas tebu, blotong dan abu ketel (dust). Ampas tebu dihasilkan di stasiun gilingan, blotong dihasilkan pada proses penapisan pada stasiun pemurnian, sedangkan abu ketel dihasilkan oleh proses pembakaran di stasiun ketel. Ketiga limbah padat tersebut dapat dimanfaatkan kembali menjadi sesuatu yang mempunyai nilai. Seperti ampas tebu yang dimanfaatkan kembali menjadi bahan bakar, blotong dan abu ketel yang dimanfaatkan menjadi pupuk kompos.

1. Ampas

Ampas merupakan hasil samping dari proses penggilingan di stasiun

penggilingan. Ampas yang dihasilkan mencapai 35%-45% dari tebu yang digiling. Ampas kaya akan serat selulosa sekitar 50%, zat lilin, zat lignin dan pektin. Sebelum di jadikan bahan bakar di ketel, ampas di keringkan terlebih dahulu.

2. Blotong

Blotong merupakan hasil samping pada stasiun pemurnian di proses penapisan, blotong berwarna coklat kehitaman dengan kandungan air yang besar sekitar 78%. Zat yang terkandung dalam blotong antara lain sukrosa, monosakarida, zat lilin, fosfatida, dan asam organik seperti nitrogen. Blotong yang dihasilkan pada stasiun pemurnian dibawa keluar pabrik menuju lokasi pengolahan blotong untuk diolah bersama abu ketel menjadi pupuk biokompos dengan penambahan mikroorganisme.

3. Abu Ketel

Abu ketel merupakan hasil samping pada pembakaran di stasiun ketel yang merupakan senyawa inert yang sukar larut dengan air dan berwarna hitam. Abu ketel ditangkap dengan penangkap sistem kering (dust collector) pada cerobong pembuangan asap dan dibawa menuju truk dengan menggunakan conveyor. Lalu dibawa menuju pengolahan abu ketel bersama dengan blotong untuk dijadikan pupuk kompos. Kandungan zat hara abu ketel seperti Ca, Mg, K, dan Na menjadi senyawa yang baik untuk proses pengomposan. PG Kebon Agung menerapkan metode pengomposan untuk mengolah limbah blotong dan abu ketel dari proses produksi gula. Prinsip dasar metode ini adalah dengan menurunkan atau mendegradasi bahan-bahan organik yang makro menjadi unsur-unsur yang lebih mikro dengan bantuan mikroorganisme sehingga unsur-unsur tersebut dapat lebih mudah diserap tanah sebagai zat hara. Bahan yang digunakan pada proses pengomposan adalah blotong yang telah dikeringkan, abu ketel, serta bahan pendukung berupa starter mikroorganisme. Pengomposan dilakukan dengan menggunakan teknik terbuka, dimana blotong dan abu ketel yang tercampur dengan perbandingan 3 : 1 digiling, kemudian dikeringkan dan diangin-angikan untuk mencegah timbulnya jamur. Starter bakteri diberikan ke dalam campuran sebanyak 1% setelah 2 hari pengeringan kemudian dilakukan proses fermentasi selama 1

minggu. Setelah 1 minggu pemeraman, biokompos telah terbentuk. Biokompos tersebut kemudian digiling terlebih dahulu sebelum dikemas agar gumpalan-gumpalan pupuk hancur sehingga pupuk mempunyai tekstur yang ramah dan lebih praktis digunakan.

3.7.3 Pengolahan Limbah Gas

Limbah gas yang dihasilkan oleh PG Kebon Agung dihasilkan pada proses pembakaran ketel dan proses sulfitasi yang menghasilkan gas CO₂, NO_x, CO, uap air dan debu. Partikel-partikel padat karbon yang terbawa dengan gas akan mencemari lingkungan, polutan udara terjadi karena proses pembakaran yang tidak sempurna karena jumlah bahan bakar yang tidak seimbang dengan O₂ yang masuk. Limbah gas yang dihasilkan ini juga memiliki warna hitam, hal ini mengakibatkan meningkatnya emisi gas buang. Penanganan terhadap adanya partikel padat yang terbawa oleh asap dilakukan dengan menggunakan alat penangkap debu (dust collector) sebelum gas keluar ke lingkungan, dust collector tersebut akan menangkap partikel yang terikut pada asap yang melalui alat tersebut sehingga asap atau gas buang tidak mencemari lingkungan sekitar. Pada alat dust collector dilengkapi alat berupa elektrostatis presipitator. Mekanisme alat ini adalah seperti membentuk medan magnet yang dapat menangkap partikel-partikel debu yang terbawa oleh gas, kemudian partikel-partikel debu tersebut menuju cyclone. Di dalam cyclone partikel-partikel debu berputar akibat gaya sentrifugal, sehingga partikel-partikel debu yang massa yang lebih besar akan terlempar jauh dan membentur dinding yang kemudian akan jatuh karena gaya gravitasi. Partikel-partikel yang tertangkap (abu ketel) tersebut kemudian akan ditampung untuk diolah menjadi biokompos. Pengukuran baku mutu gas hasil pembakaran pada asap cerobong dilakukan secara periodik Balai Hiperkes Surabaya, meliputi kadar gas NO_x, CO, dan debu.

3.7.4 Pengolahan Limbah Bahan dan Berbahaya

Limbah B3 adalah zat energi atau komponen lain karena sifat, konsentrasi dan jumlahnya baik secara langsung maupun tidak langsung dapat mencemarkan, merusak lingkungan hidup atau membahayakan lingkungan hidup maupun kelangsungan hidup manusia. Limbah dikatakan bahaya apabila memiliki karakteristik

seperti mudah meledak, mudah menyala, bersifat reaktif, beracun dan bersifat korosif.

Jenis limbah B3 yang dihasilkan PG Kebon Agung adalah limbah Pb Asetat (jenis logam berbahaya) pada kertas saring laboratorium dan oli. Limbah B3 yang dihasilkan lebih sedikit dibandingkan limbah lainnya, tetapi limbah ini harus tetap dimusnahkan karena bersifat beracun dan berbahaya. Penanganan terhadap limbah B3 ini dilakukan dengan menampung kertas saring di dalam drum khusus kemudian disimpan di ruang khusus limbah B3. Limbah tersebut akan dikirim ke PPLI (Pramudya Pamusnah Limbah Industri) di Cileungsi untuk dimusnahkan.

3.8 Utilitas

Sarana penunjang produksi (Utility) merupakan peralatan atau mesin yang berfungsi sebagai fasilitas pembantu proses produksi, agar kelangsungan produksi gula tetap stabil. Peran sarana penunjang ini sangat penting dan berpengaruh cukup besar terhadap pelaksanaan proses produksi sehingga diperlukan penyediaan sarana utilitas yang baik dan sesuai dengan keperluan proses baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Berikut merupakan sarana utilitas pokok yang dimaksud meliputi :

3.8.1 Sumber Air

Air pada proses produksi gula merupakan suatu kebutuhan yang vital. Sumber air yang di dapatkan berasal dari sungai mergan dan sumber PANG serta sumur bor. Dalam proses penggunaan air dari sungai mergan, dilakukan pengolahan air terlebih dahulu atau dengan water treatment untuk meminimalisir terjadinya hal-hal yang merugikan proses atau dampak langsung terhadap peralatan seperti terbentuknya korosifitas, timbulnya kerak pada peralatan sehingga mengurangi performa alat, kualitas produk serta akan meningkatkan biaya produksi peralatan dan penggantian alat lebih cepat. Kebutuhan pada PG Kebon Agung dibagi menjadi 4 bagian yaitu :

1. Air Proses

Air proses digunakan untuk memenuhi kebutuhan proses. Kebutuhan air proses dipenuhi dari kondensat dari evaporator badan terakhir yaitu badan III, IV, dan V. Untuk parameter ketetapan air proses, tergantung pada proses yang dilakukan, namun yang perlu diperhatikan adalah keasaman dan nilai (pH), kekeruhan, warna, rasa, bau, kadar ammonia, kalsium, magnesium, CO₂, O₂,

klorida, timbal, tembaga, besi, nikel, nitrit, phosphor, silica, natrium, sulfat, sulfite, tannin, Zn, dan kandungan logam lainnya. Sedangkan syarat untuk air kondensat tingkat kesadiahannya 0 dan memiliki nilai pH 7. Parameter tersebut harus diperhatikan agar tidak menimbulkan korosi pada alat.

2. Air Pendingin

Air pendingin digunakan untuk mendinginkan mesin dan peralatan lainnya. Fungsi yang lain adalah sebagai air injeksi kondensor. Air pendingin di dapatkan dari sungai mergan dengan kapasitas 150 liter/detik dan dilakukan proses penyaringan, pengendapan dan softener. Pada proses penyaringan gravel filter yang berisi pasir sebagai medianya, lalu melalui tahap pengendapan menggunakan reactin vessel yang berfungsi untuk menaikkan temperatur air dingin sebesar 40-60 °C dan untuk mengendapkan kotoran. Resin kation ini berfungsi untuk menyerap ion-ion positif yang terkandung dalam air, lalu ditampung pada surplus tank. Syarat dari air pendingin yaitu :

- Hardness, yaitu ukuran jumlah logam alkali (kalsium dan magnesium) yang ada dalam air.
- Apabila kadar Ca dan Mg melebihi batas maksimal, maka akan menimbulkan kerak pada saluran pendingin.
- Besi yang dapat menyebabkan korosi pada gedung.
- Silica sebagai salah satu penyebab kerak.

3. Air Sanitasi

Air sanitasi yang digunakan untuk keperluan minum, mandi, masak, dan sebagainya. Air ini diperoleh dari air PANG dan sumur bor. Syarat dari air sanitasi yaitu :

- Suhu : dibawah suhu udara
- Warna : jernih
- Rasa : tidak terasa
- Bau : tidak berbau
- Kekeruhan : 1 mg SiO₂/lt
- Harus bebas dari zat-zat terlarut yang biasanya berupa zat anorganik.

4. Air Pengisi Ketel

Pada tahap awal giling sebagai air pengisi ketel diambil dari air sungai Mergan yang sudah disaring dan diolah dalam water treatment. Pada saat pabrik beroperasi, air pengisi ketel berasal dari air kondensat yang ditampung pada surplus tank. Syarat dari air pengisi ketel yaitu:

- Kesadahan : 0
- TSD (ppm) : max 2000
- P2O5 (ppm) : 10-15
- pH Ketel Jianxi Jianlian : 10,8
- pH Ketel Yoshimine I : 10,8
- pH Ketel Yoshimine II : 10,8
- pH Daerator : 8-9

3.8.2 Sumber Uap

Alat-alat proses yang digunakan pada PG Kebon Agung dengan basis steam seperti boiler atau ketel. Ketel uap dalam prosesnya menggunakan bahan bakar berupa ampas kering hasil gilingan dan juga minyak residu dalam dalam jumlah yang kecil. Ketel uap ini dilengkapi dengan klep pengaman otomatis yang berguna untuk membuang uap air dalam ketel jika malampaui batas pengoperasian ketel uap. Selain boiler, ada beberapa alat yang juga penting digunakan dalam stasiun ini adalah hot well dan daerator.

3.8.3 Sumber Tenaga Listrik

Sistem pembangkit tenaga listrik yang digunakan di pabrik gula PG Kebon Agung terdiri dari :

- Listrik dari jaringan PLN sebesar ± 170.000 kwh
- Tiga buah generator yang digerakkan dengan tenaga uap (PLTU), masing-masing generator sebesar ± 880.000 kwh
- Dua buah generator yang digerakkan dengan tenaga diesel (PLTD) bila musim giling selesai.

Pengadaan listrik digunakan untuk memenuhi kebutuhan akan tenaga penggerak, pada stasiun yang menggunakan listrik sebagai tenaga penggerak dan untuk penerangan di

dalam pabrik maupun lingkungan pabrik termasuk perumahan karyawan.

3.8.4 Sumber Bahan Bakar

PG Kebon Agung dalam memenuhi pasokan bahan bakar bersumber dari limbah ampas dari stasiun penggilingan, solar, residu dan premium.

3.9 Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Dimasa Pandemi PG Kebon Agung

Setelah dunia terdampak wabah pandemi Covid-19 sejak Desember 2019 yang terkonfirmasi di Wuhan China, risiko keselamatan dan kesehatan kerja (K3) juga semakin meningkat. Pandemi COVID-19 merupakan darurat kesehatan yang bersifat langsung. Langkah-langkah untuk menyikapi pandemi ini juga berdampak langsung kepada pasar, pasokan (produksi barang dan jasa), permintaan (konsumsi dan investasi) dan dunia kerja. Sejumlah ketentuan dalam Konvensi Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) (No. 155) dan rekomendasinya menawarkan langkah-langkah pencegahan dan perlindungan untuk mengurangi dampak negatif keselamatan dan kesehatan dari pandemi seperti COVID-19 di dunia kerja. Berikut adalah beberapa dari ketentuan-ketentuan tersebut:

1. Pengusaha harus diminta untuk memastikan, sejauh dapat dipraktikkan secara wajar, tempat kerja, mesin, peralatan dan proses di bawah kendali mereka dalam kondisi aman dan tanpa risiko terhadap kesehatan dan bahwa zat dan agen kimia, fisik serta, biologis yang ada di bawah kendali mereka terbebas dari risiko kesehatan ketika langkah-langkah perlindungan yang tepat diambil. Pengusaha harus diminta untuk menyediakan, jika perlu, pakaian pelindung yang memadai dan alat pelindung diri untuk mencegah, sejauh dapat dipraktikkan secara wajar, risiko kecelakaan atau dampak buruk terhadap kesehatan (K. 155, Pasal 16).
2. Pakaian dan alat pelindung yang demikian harus disediakan, tanpa membebankan biaya apa pun kepada pekerja (R. 164, paragraf 10 (e)).
3. Pengusaha harus diminta untuk menyediakan, jika perlu, langkah-

langkah untuk menangani keadaan darurat dan kecelakaan, termasuk pengaturan pertolongan pertama yang memadai (K. 155, Pasal 18).

4. Pengusaha juga harus memastikan bahwa pekerja dan perwakilan mereka dikonsultasikan, diinformasikan dan dilatih mengenai K3 terkait dengan pekerjaan mereka (K. 155, Pasal 19).

ILO telah menerbitkan Daftar Pencegahan dan Mitigasi COVID-19 di Tempat Kerja sebagai upaya menyediakan tindakan praktis yang dapat mengurangi penyebaran pandemi COVID-19 di tempat kerja. Hal inilah yang juga diterapkan di lingkungan kerja PG Kebon Agung dalam menangani masalah-masalah tersebut. Dan berikut merupakan penerapan yang telah dilakukan

1. Jarak Fisik

Misalnya: Menilai risiko interaksi antara pekerja, kontraktor, pelanggan dan pengunjung dan langkah-langkah penerapan untuk mengurangi risiko ini; pengorganisasian kerja dengan cara yang memungkinkan jarak fisik antara orang-orang; ketika memungkinkan harus menggunakan panggilan telepon, surat elektronik atau rapat virtual dibandingkan dengan pertemuan tatap muka; memperkenalkan jadwal kerja untuk menghindari konsentrasi besar pekerja di tempat kerja pada satu waktu tertentu.

2. Higienitas

Misalnya: Menyediakan desinfektan untuk tangan termasuk penyanitasi tangan dan tempat-tempat yang mudah diakses untuk mencuci tangan dengan sabun dan air; mempromosikan budaya mencuci tangan; mempromosikan higienitas pernapasan yang baik di tempat kerja (misalnya menutup mulut dan hidung dengan siku yang menekuk atau dengan tisu saat batuk atau bersin).

3. Kebersihan

Misalnya: Mempromosikan budaya untuk membersihkan permukaan meja dan tempat kerja secara teratur, gagang pintu, telepon, papan tombol dan benda kerja

dengan disinfektan dan harus secara rutin memberikan disinfektan untuk area umum seperti kamar kecil.

4. Pelatihan dan Komunikasi

Misalnya: Melatih manajemen, pekerja dan perwakilan mereka tentang langkah-langkah yang dapat diadopsi untuk mencegah risiko pajanan terhadap virus dan tentang bagaimana bertindak dalam kasus infeksi COVID-19; pelatihan tentang penggunaan, pemeliharaan, dan pembuangan alat pelindung diri yang benar; memelihara komunikasi yang teratur dengan pekerja untuk memberikan informasi terkini terkait situasi di tempat kerja, wilayah atau negara; menginformasikan pekerja tentang hak mereka untuk menyingkir dari situasi kerja yang menimbulkan bahaya serius bagi kehidupan atau kesehatan, sesuai dengan prosedur yang ditetapkan dan segera memberi tahu atasan langsung terkait situasi tersebut.

5. Alat Pelindung Diri (APD)

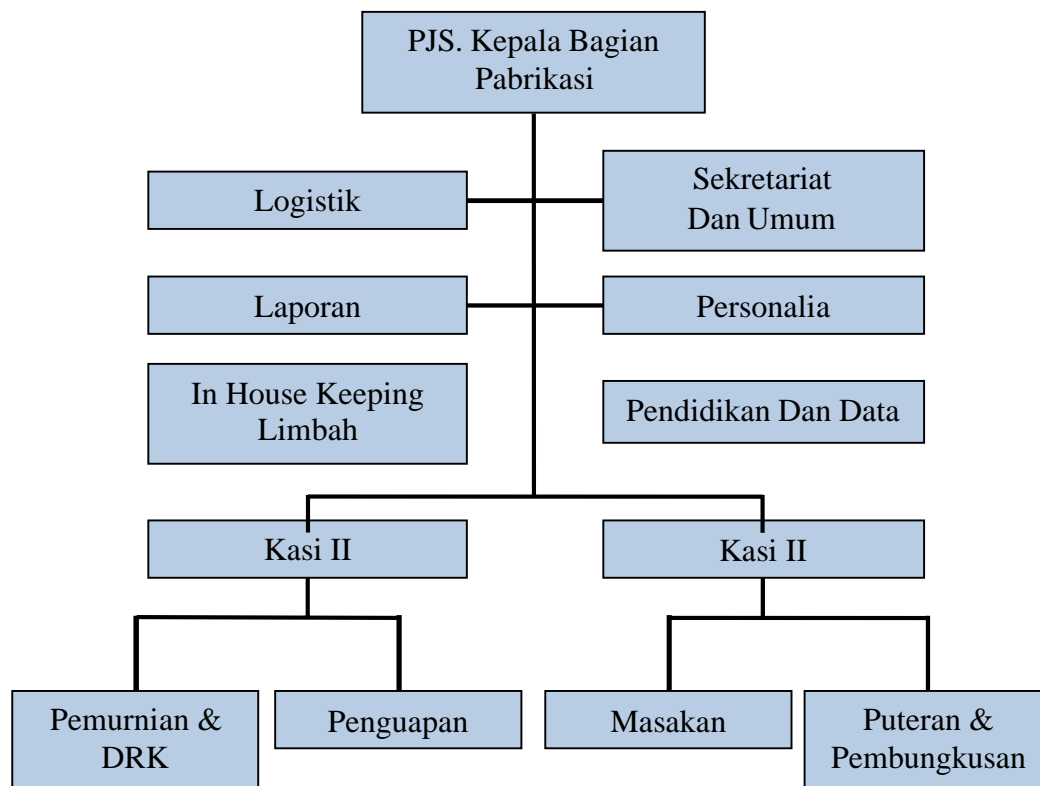
Bila perlu, berikan APD yang memadai dan sediakan tempat pembuangan tertutup untuk membuang bahan-bahan tersebut secara higienis.

6. Tanggapan

Misalnya: Sejalan dengan panduan pemerintah setempat, mendorong pekerja dengan gejala yang dicurigai COVID-19 agar tidak datang ke tempat kerja dan memperluas akses untuk cuti sakit, tunjangan sakit, dan cuti orang tua/perawatan/pengasuhan dan memberikan informasi kepada semua pekerja; mengatur isolasi siapa saja yang mengidap gejala COVID-19 di tempat kerja seraya menunggu pemindahan ke fasilitas kesehatan yang sesuai; cukup melakukan disinfektasi tempat kerja; menyediakan pengawasan kesehatan terhadap orang-orang yang telah melakukan kontak dekat dengan pekerja yang terinfeksi tersebut (ILO, 2020i).

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Struktur Organisasi Unit Kerja Pabrikasi



Gambar 4.1 Struktur Organisasi Unit Kerja Pabrikasi PG Kebon Agung

4.2 Tugas Unit Kerja

Berikut adalah rincian tugas dari masing-masing unit kerja pabrikasi di PG Kebon Agung Malang :

4.2.1 Kepala Bagian Pabrikasi

Tugas dari Kepala Bagian Pabrikasi secara garis besar adalah :

1. Memmbuat rencana kegiatan produksi
2. Menjalankan kegiatan produksi yang telah disetujui

-
3. Mengusahakan penetapan kegiatan giling dan menjamin hasil perahan tebu yang optimal
 4. Mengusahakan kerjanya peralatan pengolahan untuk mendapatkan hasil gula yang maksimum serta pembungkusan gula yang efisien dan ekonomis.

Kepala Bagian Pabrikasi dalam menjalankan tugasnya dibantu oleh :

1. Sekretariat dan Umum
2. Logistik
3. Laporan
4. Personalia
5. Pendidikan dan Data
6. In House Keeping Limbah
 - a. Kepala Seksi I
 - Pemurnian dan DRK (Defikasi, Rafinasi dan Karbonasi)
 - Penguapan
 - b. Kepala Seksi II
 - Masakan
 - Seksi Putaran dan Pembungkusan

4.2.2 Sekretariat Umum

Tugas dari Seksi Sekretariat dan Umum secara garis besar adalah :

1. Mengatur surat masuk dan keluar bagian pabrikasi
2. Mengelola berkas administrasi bagian pabrikasi
3. Mendokumentasikan kebutuhan dan pengeluaran bagian pabrikasi

4.2.3 Logistik

Tugas dari Seksi Logistik secara umum adalah :

1. Memantau dan mengelola alur logistik bahan baku masuk
2. Memantau distribusi produk utama dan produk samping dari PG Kebon Agung Malang

4.2.4 Personalia

Tugas dari Seksi Personalia secara umum adalah :

1. Merekrut tenaga kerja PG. Kebon Agung

-
2. Memantau dan meningkatkan kinerja karyawan PG. Kebon Agung
 3. Melaksanakan analisis dan penyiapan rancangan kebijakan dalam bidang hubungan masyarakat

4.2.5 Laporan

Tugas dari Seksi Laporan secara umum adalah :

1. Mengarsipkan hasil laporan bagian pabrikasi
2. Mempertanggung jawabkan hasil laporan kepada Kepala Bagian Pabrikasi

4.2.6 Pendidikan Data

Tugas dari Seksi Pendidikan dan Data secara umum adalah :

1. Memberikan edukasi kepada tenaga kerja dan peserta magang
2. Menganalisis data perhitungan bagian pabrikasi

4.2.7 In House Keeping Limbah

Tugas dari seksi In House Keeping Limbah secara umum adalah Mengelola hasil buangan pabrik menjadi limbah yang aman untuk dibuang atau dimanfaatkan kembali serta mengawasi pengolahan limbah cair dan limbah padat.

4.2.8 Kepala Seksi I

Tugas dari Kepala seksi I secara umum adalah:

1. Mengawasi proses bagian seksi permunian dan DRK juga seksi penguapan
2. Memberikan arahan dan penanggung jawab bagian seksi permunian dan DRK seksi penguapan

4.2.9 Pemurnian DRK (Defikasi, Rafinasi, dan Karbonatasi)

Tugas dari seksi Pemurnian dan DRK secara umum adalah :

1. Bertugas mengoperasikan stasiun pemurnian dan stasiun DRK
2. Mengawasi proses dan produk keluaran dari stasiun pemurnian dan stasiun DRK

4.2.10 Penguapan

Tugas dari seksi Laporan secara umum adalah:

1. Bertugas mengoperasikan stasiun penguapan

-
2. Mengawasi proses dan produk keluaran dari stasiun penguapan

4.2.11 Kepala Seksi II

Tugas dari Kepala Seksi II secara umum adalah:

1. Mengawasi proses bagian seksi putaran dan pembungkusan juga seksi masakan
2. Memberikan arahan dan penanggung jawab bagian seksi putaran dan pembungkusan juga seksi masakan

4.2.12 Masakan

Tugas dari Masakan secara umum adalah:

1. Bertugas mengoperasikan stasiun masakan
2. Mengawasi proses dan produk keluaran dari stasiun masakan

4.2.13 Putaran dan Pembungkusan

Tugas dari Putaran dan Pembungkusan secara umum adalah :

1. Bertugas mengoperasikan stasiun putaran dan stasiun pembungkusan
2. Mengawasi proses dan produk keluaran dari stasiun putaran dan stasiun pembungkusan

4.3 Tugas Khusus

4.3.1 Judul Tugas Khusus 1

Evaluasi desain *Shell and Tube Heat Exchanger* pada pemanas pendahuluan 0 di stasiun pemurnian dalam memanaskan nira tebu.

1. Latar Belakang

PG Kebon Agung merupakan salah satu industri yang memproduksi gula yang dihasilkan nira tebu. Industri ini terletak di Desa Kebon Agung, Kecamatan Pakisaji, Malang, Jawa Timur. Dalam produksinya, dilakukan berbagai proses mulai dari proses penggilingan sampai pengemasan. Beberapa proses pemurnian terdapat perlakuan pemanasan untuk mendapatkan kualitas gula yang diharapkan, selain itu pemanasan pada proses industri gula juga dapat menghilangkan mikroorganisme dan mengurangi beban pemanasan seperti pada proses pemanas pendahuluan di stasiun pemurnian.

Proses pemanas pendahuluan menggunakan alat *juice heater* yang merupakan alat penukar panas jenis *Shell and Tube*. Aliran fluida yang mengalir melalui tube adalah nira dan prosesnya terus bersirkulasi. Sedangkan, pada *shell* fluida yang mengalir adalah *steam*. Adapun *baffles* pada *Juice heater* ini digunakan agar proses berlangsung dengan aliran fluida turbulen, sehingga proses perpindahan panas lebih optimal. Pada alat pemanasan sering terjadi penurunan performa, sehingga dapat menurunkan kualitas proses produksi. Penurunan performa pada alat terjadi karena beberapa faktor seperti desain alat yang tidak sesuai dengan kondisi fisika/kimia pada proses, sumbatan akibat kotoran, serta terjadinya korosi pada alat. Untuk memastikan performa pada alat penukar diperlukan evaluasi desain pada *heat exchanger*, evaluasi dilakukan dengan cara analitis dan validasi menggunakan *software* HTRI (*Heat Exchanger Research Inc*).

2. Rumusan Masalah

Tahap pemanas pendahuluan pada proses pemurnian di PG Kebon Agung Malang terbagi menjadi dua tahap, yaitu PP 0 dan PP 1. Pada PP 0 nira dipanaskan sampai suhu 120 °C dengan tujuan mengurangi beban panas untuk proses selanjutnya di PP 1 sehingga dapat meminimalisir *cost* dan tujuan lainnya yaitu mematikan mikroorganisme. Selama ini PG Kebon Agung tidak mengetahui spesifikasi alat dengan standart TEMA dalam mengetahui desain *Heat Exchanger* dalam menghantar panas yang masuk dan keluar.

3. Tujuan

Tujuan dalam menyelesaikan tugas khusus Evaluasi desain Shell and Tube Heat Exchanger pada pemanas pendahuluan 0 di stasiun pemurnian dalam memanaskan nira tebu. yaitu :

1. Mengetahui Spesifikasi desain alat pada *Heat Exchanger* dengan cara analitis
2. Mengetahui Spesifikasi Desain alat pada *Heat Exchanger* dengan cara validasi Software HTRI
3. Mengetahui perpindahan panas *overall* dengan cara analitis
4. Menghitung perpindahan panas *overall* dengan cara validasi software HTRI

4. Metode

Metode dalam mengerjakan tugas khusus Evaluasi desain Shell and Tube Heat Exchanger pada pemanas pendahuluan 0 di stasiun pemurnian dalam memanaskan nira tebu PG Kebon Agung adalah sebagai berikut.

1. Mengumpulkan data-data nomenklatur dari Heat Exchanger
2. Studi Literatur dan menetapkan asumsi
3. Perhitungan analitis menggunakan Microsoft excel
4. Perhitungan menggunakan HTRI

5. Analisa Data

Data yang dibutuhkan antara lain data laju alir nira yang masuk ke alat heat exchanger, suhu dingin dan panas yang masuk pada heat exchanger, diameter luar shell, Panjang tube, penurunan tekanan dan diameter luar tube. Data yang diperoleh merupakan data-data proses yang digunakan pada PG Kebon Agung. Beberapa data asumsi diperoleh dari literatur beberapa data yang digunakan dalam mengerjakan tugas khusus adalah sebagai berikut :

Tabel 4.3.1 data-data proses yang telah diketahui

Parameter	Keterangan
Laju alir masuk pada Shell	287 kg/jam
Suhu masuk pada Shell (t1)	42 °C
Suhu keluar pada Shell (t2)	75 °C
Suhu masuk pada Tube (T1)	120 °C

Suhu keluar pada Tube (T2)	90 °C
Penurunan Tekanan	56 kpa
Diameter luar Tube	26.77 mm
Panjang Tube	3.65 m
Tebal Tube	3.912 mm
Diameter dalam Shell	736.6 mm

6. Pembahasan

Proses pemanasan nira di stasiun pemurnian menggunakan alat yang dikenal dengan juice heater yang merupakan alat penukar panas dengan jenis *Shell and Tube*. Berdasarkan prinsip kerjanya, *juice heater* merupakan perpindahan panas antara nira dengan *steam*. Aliran yang masuk pada sisi shell merupakan nira dengan kondisi relatif dingin sedangkan aliran yang masuk di pada *tube* merupakan steam dengan kondisi relatif panas. Didalam alat *heat exchanger* terdapat *baffle* agar aliran didalam mengalami turbulensi sehingga perpindahan panas yang dihasilkan lebih optimal.

A. Perhitungan Analitis

a. Menghitung material dan heat balance

- Q Air pada air dingin (nira)

$$Q = m \times \lambda$$

$$Q = 287 \times 511.7134 \text{ kj/hr (nilai panas laten didapat dari buku kern fig. 9 hal 12)}$$

$$Q = 146.805,46 \text{ Kj/hr}$$

- Laju Alir Air pada Uap Panas

$$Q = m \times C_p \times \Delta t$$

$$146.805,46 = m \times 1 \times (120-90)$$

$$m = 4.893,52 \text{ kg/hr}$$

b. Menghitung LMTD (Log Mean Temperature)

$$LMTD = \frac{(\Delta t_1 - \Delta t_2)}{\ln \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}}$$

$$LMTD = 69 \text{ }^\circ\text{C}$$

c. FT = 1 (Karena proses berlangsung isothermal dan tipe HE : 1-2)

d. $\Delta t = FT \times LMTD$

$$\Delta t = 69 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

e. Menghitung suhu caloric (Tc dan tc)

$$T_c = \frac{1}{2} (T_1 + T_2)$$

$$T_c = 58.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_c = \frac{1}{2} (t_1 + t_2)$$

$$t_c = 105 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

f. Menghitung U_D

Triaxial U_D = 296.7325 Kj/ hr. m². °C (Didapatkan dari buku kern tabel 8 hal. 840)

a'' = 0.0236 m² lin m (Didapatkan dari buku kern tabel 10 hal. 843)

$$A = \frac{Q}{U_D \times \Delta t} = 7.180 \text{ m}^2$$

$$N_t = \frac{A}{a'' \times l} = 83 \text{ Buah}$$

N_t distandardkan dan IDs didapatkan dari Tabel 9 Kern hal 841

N_t standart = 604 Buah

n = 2 passes

Diameter dalam shell = 736.6 mm

U_D koreksi didapatkan dari persamaan


$$U_D \text{ koreksi} = \frac{N_t}{N_t \text{ standar}} \times U_D \text{ trial}$$

$$U_D \text{ koreksi} = 41 \text{ Kj/ hr m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Kesimpulan hasil rancangan		
TIPE HE 1-2		
Bagian Shell	Diameter Dalam (Di)	0.7366 m
	n'	1 mm
	Jarak Baffle	0.516 m
	Diameter Luar (Do)	0.0267 m ¾ inch triangular pitch
	BWG	12



Laporan Kerja Praktik
Di PG KEBON AGUNG

	Panjang Tube (l)	Kabupaten Malang 3,65 m
	Jumlah Tube (Nt)	604 Buah

Bagian Tube	N	2
	Pitch Ratio (PT)	0.034 m
	Diameter Ekivalen (De)	0.015 m
	a'	0.0077 m
	a''	0.024 m
	Diameter dalam (di)	0.02 m
Evaluasi Perpindahan Panas		
Bagian Shell (Air Nira) Fluida Dingin	Flow Area (a _s)	$a_s = \frac{ID C^B}{n PT 144} = 0.000569 \text{ m}^2$
	C' = PT-DO	0.00733
	Mass Velocity	G _s $\frac{M}{a_s} = 8.605.912,20 \text{ kg/ hr m}^2$
	De	De/12 = 0.0012 m
	Reynold Number	$N_{res} = \frac{De G_s}{\mu} = 757.016.026,18$
	Triax ho	164.851 Kj/hr m ² °C
	Tw	t _w $= t_c + \frac{ho}{ho+hio} (Tc - tc)$ t _w = 104.6769 °C
	tf	Tc + tw /2 = 81.5884 °C
	kf	0,366 (kern tabel 5 hal 801)
	sf	1 (kern tabel 6 hal 808)
	μf	1 Kg/ (m)(hr) (kern hal. 823 (fig. 14))
	JH	80
ho	Ho	

		$= \frac{ae}{k} \left(\frac{c}{k}\right)^{\frac{1}{3}} \frac{jh}{\left(\frac{\mu}{w}\right)^{-0.14}} =$ <p>25.158,853 Kj/hr m² °C</p>
Bagian Tubes (Uap Air) Fluida Panas	Flow Area (a _t)	$a_t = \frac{Nt at^r}{n PT 144} = 0.0161 \text{ m}^2$
	Mass Velocity	$Gt = \frac{M}{at} = 17.765,61$
	D	$Di/12 = 0.0016 \text{ m}$
	Reynold Number	$Nre = \frac{D Gt}{\mu} = 43.554,26$
	v	$v = \frac{Gt}{3600 \rho} = 0.005 \text{ m/s}$
	h _i	$h_i = \frac{ae}{k} \left(\frac{c}{k}\right)^{\frac{1}{3}} \frac{jh}{\left(\frac{\mu}{w}\right)^{-0.14}} =$ <p>33.160,712 Kj</p>
	h _{io}	<p>H_{io}</p> $D_i h_i = 23.556,9120 \text{ Kj/hr m}^2$ <p>D_o</p> <p>°C</p>

g. Menghitung overall coefficient (U_c)

$$U_c = \frac{h_o h_i o}{h_o + h_i o} = 12.165,772 \frac{Kj}{hr m^2 °C}$$

h. Mencari R_d

$$R_d = \frac{U_c - U_d}{U_c U_d} = 0.024 \text{ hr ft}^2 \text{ °F} / \text{Btu}$$

Tabel 4.3.2 Rekomendasi fouling resistance

Jenis Air	R, m ² K/kw
Air Mineral atau air Suling	0.009
Air Sungai	0.045

Air Laut	0.025-0.045
Air pengolahan pada menara pendingin	0.0035-0.045
Soft Water	0.018
Hard Water	0.045

Didapatkan $R_d < R_d$ ketetapan Hard water sehingga desain memenuhi syarat operasi

Evaluasi Penurunan Tekanan (Δp)		
Bagian Shell (Air Nira) Fluida Dingin	Reynold Number	$N_{re} = 1.198.293.773,84$
	Friksi	$f = \text{ft/in}^2$ (Kern hal 839 fig 29)
	Ds	$D_s = 0.0614 \text{ m}$
	Number of Crosses	$N+1 = 12 \text{ L/B} = 84.946$
	Menghitung penurunan tekanan sepanjang shell	$S = \frac{144 \times \rho \times BM}{1545 \times (460+T) \times 62.5} = 0.0026$
	Penurunan Tekanan di shell	$\Delta P_s = \frac{1}{2} \times \frac{f G_s^2 D_s (N+1)}{5.22 \times 10^{10} D_s \phi_s}$ $\Delta P_s = 2.964,80 \text{ Kpa}$ atau 29 bar
Bagian Tube (Uap Air) Fluida Panas	Reynold Number	$N_{re} = 742.909,97$
	Friksi	$F = 0.000009 \text{ m}^2$ (Kern hal. 836 fig 26)
	S	0.95
	Menghitung penurunan tekanan sepanjang tube	$\Delta P_t = \frac{f G_t^2 L_n}{5.22 \times 10^{10} D_s \phi_s} = 0.77056$

	One Velocity head for s	$\frac{v^2}{2g'} = 0.061$
	Penurunan tekanan sepanjang tube pass	$\Delta P_n = \frac{4nV^2}{s2g'} = 0.5137 \text{ psi}$
	Menghitung ΔP_T total tube	$\Delta P_t + \Delta P_n = 0.52 \text{ Kpa psi}$ atau 0.0052 bar sementara tekanan yang di izinkan pada tube yaitu 0.6 bar sehingga desain pada tube memenuhi proses operasi

i. Menghitung perpindahan panas secara menyeluruh

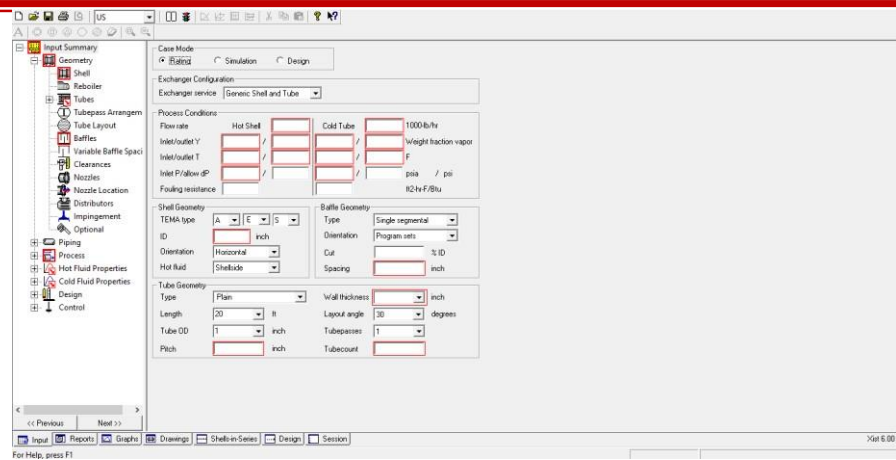
$$U_{LMTD} = \frac{q \Delta T_{LMTD}}{A} = 6.92 \text{ MW Btu/hr}$$

B. Perhitungan dengan software HTRI

Perhitungan menggunakan HTRI membutuhkan data-data awal seperti suhu masuk dan keluar dari shell dan tube, laju alir yang masuk tekanan serta asumsi-asumsi perancangan berdasarkan stadart TEMA dan data yang telah diperoleh dari perhitungan analitis.

a. Proses Pemasukan Data

Pada tahap tidak semua data dimasukkan, tampilan data yang harus dimasukkan terdapat kolom berwarna merah sementara yang kolom yang tidak berwarna merah tidak diharuskan untuk mengisi karena program HTRI akan memproses secara otomatis.



Gambar 1. Tampilan Input *summary* pada HTRI

b. Hasil Proses Pengolahan Data

Setelah proses pemasukan data telah selesai, maka data akan di proses oleh HTRI dan akan diketahui hasilnya, apakah perencanaan desai telah berhasil atau tidak. Jika perencanaan gagal maka program akan memberikan pesan error dan perlu perbaikan dari data yang di masukkan sesuai pesan yang diperoleh. Jika berhasil maka program akan memberikan hasil berupa tabel seperti yang terlihat pada gambar.

HTRI		HEAT EXCHANGER RATING DATA SHEET				Page 1 SI Units
Service of Unit		Item No.				
Type	AEW	Orientation Horizontal		Connected In	10 Parallel 1 Series	
Surf/Unit (Gross/Eff) 1062.08 / 1046.50 m ²		Shell/Unit	10	Surf/Shell (Gross/Eff) 106.21 / 104.65 m ²		
PERFORMANCE OF ONE UNIT						
Fluid Allocation		Shell Side		Tube Side		
Fluid Name		steam (Gas panas)		Air Nira (Fluida Dingin)		
Fluid Quantity, Total		kg/s 4893.55		287.002		
Vapor (In/Out)		wt% 100.0 / 100.0		0.0 / 0.0		
Liquid		wt% 0.0		100.0 / 100.0		
Temperature (In/Out)		C 120.00 / 90.00		42.00 / 75.00		
Density		kg/m ³ 0.9010 / 0.9010		984.07 / 984.07		
Viscosity		mN-s/m ² 2.20e-5 / 2.20e-5		5.16e-4 / 5.16e-4		
Specific Heat		kJ/kg-C 1.4585 / 1.4585		4.1926 / 4.1926		
Thermal Conductivity		W/m-C 1.1428 / 1.1428		0.6562 / 0.6562		
Critical Pressure		kPa				
Inlet Pressure		kPa 56.001				
Velocity		m/s 5055.47		0.24		
Pressure Drop, Allow/Calc		kPa 28.000 / 400601		60.001 / 4.637		
Average Film Coefficient		W/m ² -K 2494701		24613.4		
Fouling Resistance (min)		m ² -K/W				
Heat Exchanged		126.914 MegaWatts		MTD (Corrected) 46.3 C		
Transfer Rate, Service		2616.54 W/m ² -K		Calculated 9421.12 W/m ² -K		
				Overdesign 0.00 %		
				Clean 0.00 W/m ² -K		
CONSTRUCTION OF ONE SHELL			Sketch (Bundle/Nozzle Orientation)			
		Shell Side		Tube Side		
Design Pressure		kPaG 0.000		0.000		
Design Temperature		C				
No Passes per Shell		1		1		
Flow Direction		Downward				
Connections	In	mm 1 @ 662.400		1 @ 128.194		
	Out	mm 1 @ 662.400		1 @ 128.194		
	Liq. Out	mm @		@		
Tube No.	346	OD 26.770 mm	Thk(Avg) 2.769 mm	Length 3.650 m	Pitch 34.000 mm Layout 30	
Tube Type	Plain	Material CARBON STEEL		Pairs seal strips	2	
Shell ID	738.000 mm	Kettle ID	mm	Passlane Seal Rod No.	0	
Cross Baffle Type	PERPEND. SINGLE-SEG.	%Cut (Diam)	25.00	Impingement Plate	None	
Spacing(c/c)	515.620 mm	Inlet	1024.76 mm	No. of Crosspasses	5	
Rho-V2-Inlet Nozzle	2237967 kg/m-s ²	Shell Entrance	0.00	Shell Exit	0.00 kg/m-s ²	
		Bundle Entrance	0.00	Bundle Exit	0.00 kg/m-s ²	
Weight/Shell	0.00	Filled with Water	0.00	Bundle	0.00 kg	
Notes:		Thermal Resistance, %		Velocities, m/s		
		Shell 0.34		Shellside 5055.47 A 0.071		
		Tube 54.04		Tubeside 0.24 B 0.636		
		Fouling 0.00		Crossflow 5877.07 C 0.202		
		Metal 45.62		Window 10776.8 E 0.092		

Gambar 2. Laporan hasil perencanaan desain pada HTRI

4.3.1.8. Kesimpulan

Dari penyelesaian tugas khusus Evaluasi desain Shell and Tube Heat Exchanger pada pemanas pendahuluan 0 di stasiun pemurnian dalam memanaskan nira tebu didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Didapatkan nilai Rd 0.024 pada desain percobaan analitis memenuhi syarat yang telah di tentukan.
2. Didapatkan overdesain 0% pada evaluasi alat menggunakan HTRI sehingga desain memenuhi

-
3. Didapatkan perpindahan panas secara menyeluruh menggunakan cara analitis 1.41 MW Btu/ hr
 4. Didapatkan perpindahan panas secara menyeluruh menggunakan HTRI 127 MW Btu/hr

4.3.2 Judul Tugas Khusus 2

Analisa Performa Evaporator Robert Sistem *Quintiple-Effec* Dan *Quadruple-Effect* Dalam Proses Penguapan Nira Mentah.

4.3.2.1 Latar Belakang

PG Kebon Agung merupakan salah satu industri yang memproduksi gula yang dihasilkan nira tebu. Industri ini terletak di Desa Kebon Agung, Kecamatan Pakisaji, Malang, Jawa Timur. Gula yang dihasilkan oleh PG Kebon Agung Malang memiliki spesifikasi brix yang berbeda-beda. Untuk mencapai brix yang diinginkan, perlu dilakukan tahap pemekatan dengan menggunakan evaporator setelah melalui tahap pemurnian.

Evaporasi merupakan proses fisis perubahan cairan menjadi uap. Proses evaporasi bertujuan untuk memekatkan larutan yang terdiri dari zat terlarut yang tidak mudah menguap dan pelarut yang mudah menguap. Air merupakan jenis pelarut yang kebanyakan ada pada proses evaporasi. Evaporasi dilakukan dengan menguapkan sebagian dari pelarut sehingga dihasilkan larutan yang pekat dengan konsentrasi yang lebih tinggi. Proses evaporasi di pabrik gula ini bertujuan untuk mengurangi kadar air sehingga diperoleh brix yang lebih tinggi.

Alat yang digunakan dalam proses evaporasi ini adalah evaporator. Proses ini merupakan salah satu proses yang menggunakan energi dalam jumlah besar. Tingginya kebutuhan energi dapat juga berarti pembengkakan biaya produksi. Penghematan energi pada proses evaporasi ini merupakan peluang untuk meningkatkan keuntungan perusahaan secara signifikan. Analisa performa evaporator dilakukan dengan menghitung dan membandingkan efisiensi dari alat tersebut pada periode bulan September 2021. Dari hasil analisa performa tersebut dapat dianalisa peluang-peluang modifikasi untuk meningkatkan kinerja alat

tersebut.

4.3.2.2 Rumusan Masalah

Tahap pemekatan di PG Kebon Agung Malang terbagi menjadi dua tahap, yaitu pemekatan awal dan pemekatan akhir. Pada pemekatan awal digunakan dua jenis evaporator, yaitu *quintiple effect evaporator* dan *quadriple effect evaporator*. Selama ini PG Kebon Agung menggunakan evaporator tanpa mengetahui manakah evaporator yang akan memberikan performa dan efisiensi terbaik. Untuk itu dilakukan analisa performa evaporator untuk menentukan evaporator manakah yang memberikan efisiensi energi terbaik.

4.3.2.3 Tujuan

Tujuan dari penyelesaian tugas khusus analisa performa evaporator dalam proses evaporasi di PG Kebon Agung adalah :

1. Menentukan kebutuhan *steam* untuk masing-masing evaporator (*quintiple effect evaporator* dan *quadriple effect evaporator*).
2. Membandingkan performa kerja evaporator (*quintiple effect evaporator* dan *quadriple effect evaporator*).
3. Menentukan efisiensi energi evaporator.

4.3.2.4 Metodologi

Kegiatan yang dilakukan dalam pengerjaan tugas khusus magang analisa performa evaporator pada proses penguapan produksi PG Kebon Agung Malang meliputi teknik pengumpulan data dan langkah-langkah strategis dalam penyelesaian tugas khusus.

Langkah-langkah dalam penyelesaian tugas khusus ini adalah sebagai berikut :

1. Studi literature.
2. Pengumpulan data, termasuk menetapkan asumsi-asumsi.
3. Penyusunan neraca massa dan energi pre-evaporator.

4. Pembuatan program dalam Microsoft Excel untuk perhitungan kebutuhan steam dan memudahkan melakukan variasi.
5. Penentuan heat loss evaporator.
6. Penentuan efisiensi energi evaporator

4.3.2.5 Analisa Data

Data yang dibutuhkan antara lain data laju alir, jika memungkinkan semua aliran yang ada, dan data karakteristik gula pada setiap aliran (derajat brix). Di PG Kebon Agung, semua data disediakan oleh bagian *Quality Control* (QC). QC selalu mengecek karakteristik gula setiap jam pada hampir semua keluaran proses. Dengan demikian semua data dalam penyelesaian tugas khusus ini diperoleh dari QC.

Data-data yang tidak disediakan oleh QC diambil dengan pengamatan langsung dari data operasi yang dikerjakan oleh operator, dan beberapa data yang tidak disediakan diperoleh dengan menggunakan asumsi bahwa data yang dibutuhkan sama dengan data yang ada di literatur. Beberapa data yang digunakan pada pengerjaan tugas khusus ini ditunjukkan pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Data Yang Tersedia Pada QC

Parameter	Quadruple	Quintuple
Brix umpan	13,78 %	13,78 %
Brix produk	32,92 %	59,98 %
Massa	5.850.491,084 kg/jam	5.850.491,084 kg/jam
Temperatur umpan	103°C	103°C
Temperatur vakum	-	-
P vakum	56 cmHg	59 mHg

4.3.2.6 Pembahasan

1. Kebutuhan Steam Evaporator

Evaporator merupakan salah satu peralatan yang banyak

menggunakan energi (*steam*) dalam proses penguapannya. Untuk itu perlu diketahui kebutuhan *steam* masing-masing evaporator, agar dapat diketahui efisiensi dari pemakaian evaporator itu sendiri. Dari data-data yang berhasil dikumpulkan baik dari *lab quality control* maupun pengamatan langsung operator, dapat dihitung kebutuhan *steam* untuk masing-masing evaporator, yaitu *quadruple effect evaporator*, dan *quintuple effect evaporator*. Hasil perhitungan kebutuhan *steam* untuk masing-masing evaporator dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Kebutuhan *Steam* Evaporator

Parameter	<i>Quadruple Effect Evaporator</i>	<i>Quintuple Effect Evaporator</i>
Massa feed	5.850.491,084 kg/jam	5.850.491,084 kg/jam
Massa produk	2.449.475 kg/jam	1.344.268 kg/jam
Kebutuhan vapor pre	25.832,3698 kg/jam	450.622,9 kg/jam
Kebutuhan vapor 1	750.415,1119 kg/jam	797.625,534 kg/jam
Kebutuhan vapor 2	816.128,7041 kg/jam	851.352,9393 kg/jam
Kebutuhan vapor 3	836.822,5669 kg/jam	897.362,7186 kg/jam
Kebutuhan vapor 4	971.816,8282 kg/jam	940.047,096 kg/jam
Kebutuhan vapor 5	-	971.576,5774 kg/jam
Massa <i>steam</i>	815.676,3405 kg/jam	887.855,1168 kg/jam
<i>Steam economy</i>	4,1696	5,075

Untuk menguapkan massa *feed* yang sama (5.850.491,084 kg) hingga menjadi produk, sistem *quintuple* lebih unggul dengan dilihat dari *steam* ekonomi yang lebih unggul untuk menghasilkan produk yang lebih pekat. Berdasarkan kebutuhan *steam* seperti terlihat pada Tabel 4.2, kebutuhan *steam* untuk *quintuple effect evaporator* jauh lebih tinggi dibandingkan *quadruple effect evaporator* dikarenakan produk yang dihasilkan pada *quintuple* lebih pekat dibandingkan dengan proses *quadruple*, maka dari itu jumlah *steam* yang di perlukan semakin

besar. Performa dari evaporator juga dapat dilihat dari *steam economy*-nya. *Steam economy* merupakan suatu nilai yang menyatakan kg air yang teruapkan per satu kg *steam* yang disuplai. *Quadruple effect evaporator* memiliki *steam economy* yang paling kecil, yaitu 4,1696. Dalam artian 4,1696 kg air teruapkan per satu kg *steam* yang disuplai. *Quintuple effect evaporator* memiliki *steam economy* sebesar 5,075.

Berdasarkan *steam economy* masing-masing evaporator ini, terbukti bahwa *quintuple effect evaporator* merupakan evaporator yang paling hemat energi. Hal ini dikarenakan uap yang terbentuk dari proses evaporasi itu sendiri dapat digunakan sebagai media pemanas untuk efek selanjutnya. Dengan demikian efisiensi energi akan meningkat, sebab tidak diperlukan *steam* yang cukup banyak pada badan evaporator pertama. Sedangkan *quadruple effect evaporator* boros energi karena uap yang dihasilkan langsung dibuang, padahal uap tersebut masih mengandung energi panas yang dapat dimanfaatkan. Dalam menghemat penggunaan energi untuk dalam proses produksi, PG Kebon Agung sebaiknya menggunakan *quintuple effect evaporator* dalam proses pemekatan gula. Proses final evaporasi yang selama ini dilakukan dengan *quintuple*, dimana PG Kebon Agung memiliki 9 unit *final evaporator* namun hanya 7 unit yang digunakan. Jadi lebih efisien menggunakan *multiple effect evaporator (quintuple)*. Meskipun akan menambah biaya peralatan, namun penghematan energi akan lebih besar. Penambahan jumlah efek dibatasi sampai tujuh efek saja, sebab evaporator dengan jumlah efek yang lebih besar dari tujuh efek tidak lagi dikatakan efisien. Meskipun energinya sangat hemat namun biaya yang harus dikeluarkan untuk biaya peralatan dan perawatan jauh lebih besar.

2. Perhitungan Efisiensi Energi Evaporator

Evaporator yang digunakan oleh PG Kebon Agung memiliki jenis *evaporator robert*. Pemilihan jenis evaporator ini sudah benar, sebab *evaporator robert* diketahui memiliki beberapa keunggulan, yaitu koefisien transfer panas yang tinggi, waktu tinggal yang rendah, hilang tekan yang rendah, cocok untuk operasi vakum, memiliki rasio penguapan yang tinggi, jangkauan operasi yang luas, aman

dari risiko *fouling*, dan biaya operasi yang minimum.

Untuk mengetahui apakah proses yang berjalan dalam sebuah pabrik sudah baik atau belum, dapat dilihat dari efisiensinya. Salah satunya adalah dengan membandingkan *steam* yang disuplai untuk proses evaporasi, apakah sudah efisien jika dibandingkan dengan perhitungan rancangan atau teoretisnya. Untuk menghitung efisiensi, diperlukan laju alir massa *steam* aktual yang digunakan oleh pabrik untuk proses evaporasi. Sayangnya PG Kebon Agung tidak memiliki orificemeter atau venturimeter untuk mengetahui laju aktual penggunaan *steam*. Padahal dengan mengetahui laju *steam* yang digunakan, akan terlihat apakah penggunaan selama ini berlebihan atau tidak. Dan dengan adanya alat ukur laju alir tersebut, maka kebutuhan *steam* yang dialirkan untuk proses evaporasi dapat disesuaikan dengan hasil perhitungan.

Oleh karena itu, kebutuhan *steam* aktual untuk proses evaporasi di PT PG Kebon Agung dihitung secara manual dengan menggunakan tambahan asumsi. Asumsi yang digunakan adalah kebutuhan total uap teoritis yang digunakan (751.037,1501 kg/jam). Maka dapat dibandingkan dengan kebutuhan uap berdasarkan perhitungan yang sesungguhnya (887.855,1168kg/jam).

Dari hasil perhitungan diketahui bahwa efisiensi energi proses evaporasi ini adalah sebesar 84,6%. Efisiensi ini dapat ditingkatkan dengan mengurangi *steam* yang dialirkan untuk proses evaporasi. Tentunya hasil perhitungan teoretis dapat digunakan sebagai acuan dalam menentukan jumlah *steam* yang harus dialirkan. Dengan meningkatnya efisiensi energi proses evaporasi, pabrik juga dapat menghemat biaya. Sebab salah satu proses di pabrik gula yang paling banyak menggunakan energi adalah pada evaporator.

Selain mengurangi *steam* yang dialirkan, efisiensi energi juga dipengaruhi oleh kebersihan evaporator. Selama proses evaporasi, adanya padatan yang tersuspensi dalam cairan akan menimbulkan kerak pada evaporator. *Fouling* yang terjadi pada penukar panas dapat mengurangi laju perpindahan panas karena koefisien transfer panas mengalami penurunan. Hal ini akan berdampak pada terhambatnya proses penguapan. Untuk itu pembersihan evaporator harus dilakukan

berkala agar tidak terdapat *fouling*.

4.3.2.7 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penyelesaian tugas khusus evaluasi kinerja evaporator adalah :

1. Kebutuhan *steam quadruple effect evaporator* adalah sebesar 815.676,3405 kg/jam.
2. Kebutuhan *steam quintuple effect evaporator* adalah sebesar 887.855,1168 kg/jam.
3. *Quintuple effect evaporator* memiliki performa kinerja evaporasi yang lebih baik dibandingkan dengan *quadruple effect evaporator*. Hal ini dilihat dari *steam economy quintuple effect* yang lebih besar dibanding *quadruple effect*, yaitu 5,075 kg air teruapkan/kg *steam*, 4,1696 kg air teruapkan/kg *steam*, untuk *quintuple effect evaporator* dan *quadruple effect evaporator*.
4. Efisiensi energi proses evaporasi PT PG Kebon Agung adalah 84,6 %.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan magang di PG Kebon Agung maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Pabrik gula Kebon Agung merupakan industri pengolahan gula dengan bahan baku tebu dan produk gula kristal putih dengan kapasitas mencapai ± 15.000 TCD.
2. Pabrik gula Kebon Agung menggunakan enam unit pengolahan yaitu unit penggilingan, pemurnian, penguapan, masakan, puteran, dan penyelesaian.
3. Produk gula kristal putih terdapat 2 jenis gula A dan gula rafinasi, sedangkan produk sampingan blotong, ampas dan tetes.
4. limbah yang dihasilkan sudah sesuai baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah dan dikawal oleh DLH kabupaten sesuai dengan undang-undang yang telah ditetapkan

5.2 Saran

Dari pelaksanaan magang yang telah dilaksanakan ada beberapa saran yang bisa kami sampaikan diantaranya adalah :

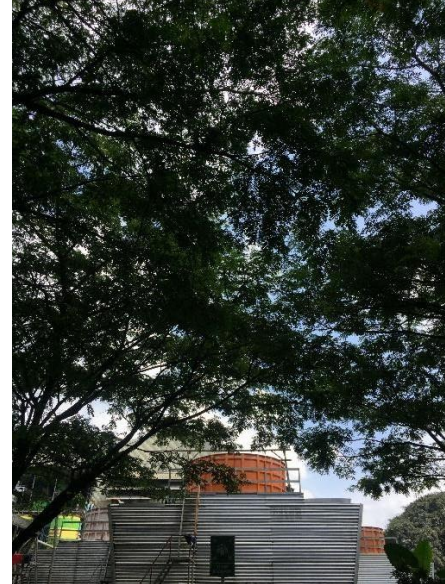
1. Perhatian dan pemeriksaan secara berkala terhadap kualitas tebu yang ditanam, mulai dari masa pembibitan sampai masa panen supaya diperoleh rendemen hasil yang tinggi.
2. Perhatian untuk peralatan-peralatan yang sudah tua yang mungkin dapat mengakibatkan problem pada jalannya proses maka diadakan perhatian dan perawatan yang berkala serta sebaiknya diadakan investasi baru agar proses produksi gula bisa berjalan dengan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahyari, Agus. 2002. *Managemen Produksi Perencanaan Sistem Produksi*. EdisiEmpat. Yogyakarta : BPFEE
- Anonim. 1995. *Ikhtisar Analisa Gula Laporan Intern Pusat Penelitian PerkebunanGula Indonesia*. Pasuruan : P3GI
- Buckle, K.A., Edwards, R.A., Fleet, G.H., & Wooton. 1987. *Ilmu Pangan*. Terjemahan Hadi, Purnomo., & Adiano. Jakarta : Universitas Indonesia Press
- Chen, J & Chou, C. 1993. *Cane Sugar Handbook : A Manual For Cane SugarManufactures and Their Chemistry*. Canada : John Willey & Sons Inc
- Cristina, W.A. 1983. *Diktat Manajemen Industri*. Surabaya : UPN Veteran JawaTimur
- Gautara, Wijandi S. 1981. *Dasar Pengolahan Gula I*. Bogor : IPB
- Ginting,P. 1992. "Mencegah dan Mengendalikan Pencemaran Industri". Edisi Pertama. Pustaka Sinar Harapan, Jakarta.
- Goutara dan Wijandi, 1975. *Dasar Pengolahan Gula*. Bogor : IPB
- Hugot , E.1986. "Handbook of Cane Sugar Engineering 3rd edition". Australia.
- Iskandar, D. 2005. *Pengkajian Penerapan Teknis Buku Budidaya Bibit Tebu Varietas PS 851 dan PS 951 pada Tingkat Kebun Bibit Datar*. JurnalArgonomi
- Martoyo, T., dan Santoso, B.E., 1991. *Diktat Analisis Kadar Gula Total Dalam Tetes*. Pasuruan : P3GI
- Moerdokusumo. 1993. *Pengawasan Kualitas dan Teknologi Gula di Indonesia*
- Soejadi. 1974. *Dasar Teknologi Gula*. Yogyakarta : Lembaga Pendidikan Perkebunan
- Supriyadi, A., 1992. "Rendemen Tebu. Kanisius". Yogyakarta. 72 hal

LAMPIRAN

1. Foto Kegiatan Pelaksanaan Kerja Praktik



2. Surat Balasan Persetujuan Magang



No. AE/21. 207

Kepada
Yth. Koordinator
Universitas Internasional / UISI
Di Tempat

Perihal : **Pemohonan Praktek Kerja Lapangan**
Surat Sdr No. 0001/KL.05/03.01.01.01.01/01.21

Dengan hormat,

Menjawab surat saudara tersebut diatas dengan ini diberitahukan bahwa pada prinsipnya kami dapat menyetujui Pemohonan Praktek Kerja Lapangan yang akan dilaksanakan Mahasiswa/ saudara

NO.	NAMA	PROGRAM STUDI
1.	Ibrahim Nata Imani	Teknik Kimia
2.	Ilimi Firdaus Shofiyah	Teknik Kimia

Berkenaan dengan perihal tersebut kami memberikan ketentuan sebagai berikut

1. Pelaksanaan Praktek Industri dimulai pada **22 Agustus 2021 sampai dengan 24 September 2021** dengan memperlihatkan surat jawaban dari Perusahaan.
 2. Berpakaian rapi dengan memakai atribut atau identitas Mahasiswa
 3. Mentaati Peraturan yang berlaku di Perusahaan dan dapat menjamin **rahasia** Perusahaan
 4. Perusahaan tidak memberikan fasilitas dalam bentuk apapun.
 5. **Segala resiko yang timbul akibat pelaksanaan Kerja Lapangan diluar tanggung jawab** Perusahaan
 6. Setelah selesai diharap untuk menyerahkan laporan tertulis hasil Kerja Lapangan tersebut kepada Perusahaan.
 7. Dilaksanakan secara **"ON LINE"**
- Demikian agar dilaksanakan sebaik-baiknya.

Malang, 27 Juni 2021
PT KEBON AGUNG
PG KEBON AGUNG
Heru Cahyono
Pimpinan